Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

c.3

collection
ENVIROGUIDE

LE NITRATE D'AMMONIUM

Canada

juillet 1984

85-1693/

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

LE NITRATE D'AMMONIUM

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES
DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

OTTAWA
JUILLET 1984
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication distribuée par le Service des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Ammonium Nitrate
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1984
N° de cat. En 48-10/13-1984F
ISBN 0-662-92770-2
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

AVANT-PROPOS

La collection «Enviroguide» a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VII
	Liste des tableaux	VII
	Abréviations et symboles	VIII
	Définitions	X
	Sigles	XI
1	**Résumé**	1
2	**Propriétés physiques et chimiques**	3
3	**Production, transport et commerce**	9
3.1	Qualités et teneurs	9
3.2	Fabricants situés au Canada	9
3.3	Autres fournisseurs	9
3.4	Itinéraires utilisés pour le transport	9
3.5	Volume de production	10
3.6	Fabrication industrielle	11
3.6.1	Information générale	11
3.6.2	Procédé de fabrication	11
3.7	Principales utilisations au Canada	11
3.8	Principaux acheteurs au Canada	11
4	**Manutention du produit et compatibilité**	12
4.1	Conteneurs et autres récipients de transport	12
4.1.1	Transport en vrac	12
4.1.2	Emballages	12
4.2	Compatibilité du nitrate d'ammonium et des matériaux de fabrication	13
5	**Fuite et migration du nitrate d'ammonium**	18
5.1	Aperçu général	18
5.2	Fuite du nitrate d'ammonium	18
5.2.1	Introduction	18
5.2.2	Nomogrammes de fuites	19
5.2.2.1	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps d'écoulement	19
5.2.2.2	Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement	19
5.2.3	Exemples de calcul	19
5.3	Diffusion atmosphérique	21
5.4	Comportement dans l'eau	21
5.4.1	Introduction	21
5.4.2	Nomogrammes de diffusion du polluant dans l'eau	21
5.4.2.1	Diffusion dans les rivières non soumises aux marées	22
5.4.2.2	Diffusion dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)	30
5.4.3	Exemples de calcul	30
5.4.3.1	Teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées	30
5.4.3.2	Teneur en polluant dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)	30
5.5	Comportement dans le sous-sol: pénétration dans le sol	33
5.5.1	Mécanismes	33
5.5.2	Migration du nitrate d'ammonium dans la zone non saturée	33
5.5.3	Coefficient de perméabilité du nitrate d'ammonium en sol saturé	33
5.5.4	Types de sol	35
5.5.5	Nomogrammes de migration	35
5.5.6	Exemple de calcul	35

6	**Protection de l'environnement**	**41**
6.1	Limites maximales permises	41
6.1.1	Qualité de l'eau	41
6.1.1.1	Situation au Canada	41
6.1.1.2	Situation ailleurs dans le monde	41
6.1.2	Qualité de l'air	41
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	41
6.2.1	Évaluation de la toxicité aux États-Unis	41
6.2.2	Mesures de la toxicité	41
6.2.2.1	Toxicité en eau douce	41
6.2.2.2	Toxicité en eau salée	43
6.3	Toxicité pour d'autres espèces vivantes	43
6.3.1	Toxicité pour le bétail	43
6.3.2	Toxicité pour les végétaux	43
6.4	Études sur les effets toxiques	44
6.5	Dégradation du polluant	44
6.6	Devenir et effets à long terme	44
7	**Protection de la santé**	**45**
7.1	Normes d'exposition recommandées	45
7.2	Données sur les propriétés irritantes	45
7.2.1	Contact avec la peau	45
7.2.2	Contact avec les yeux	46
7.3	Seuil de perception des caractères organoleptiques	46
7.3.1	Odeur	46
7.3.2	Goût	46
7.4	Études à long terme	46
7.4.1	Ingestion	46
7.5	Symptômes d'intoxication	46
7.5.1	Inhalation de poussières	47
7.5.2	Ingestion	47
7.5.3	Contact avec la peau	47
7.6	Toxicité des produits de décomposition ou de combustion pour l'homme	47
7.6.1	Oxyde nitrique et dioxyde d'azote	47
8	**Compatibilité chimique**	**48**
8.1	Compatibilité du nitrate d'ammonium et de divers corps chimiques	48
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	**51**
9.1	Mesures recommandées	51
9.1.1	Risques d'incendie ou d'explosion	51
9.1.2	Moyens d'extinction	51
9.1.3	Mesures d'intervention en cas de déversements	51
9.1.3.1	Information générale	51
9.1.3.2	Déversements sur le sol	51
9.1.4	Nettoyage et traitement	52
9.1.4.1	Déversements sur le sol	52
9.1.4.2	Déversements dans l'eau	52
9.1.4.3	Information générale	52
9.1.5	Élimination	52
9.1.6	Appareils et vêtements de protection	52
9.1.7	Précautions spéciales	52
10	**Cas de déversement accidentel**	**54**
11	**Identification et dosage des polluants**	**55**
11.1	Dosage de particules de nitrate d'ammonium dans l'air (analyse quantitative)	55
11.1.1	Chromatographie d'échange d'ions	55
11.2	Identification des particules de nitrate d'ammonium dans l'air (analyse qualitative)	55

11.3	Dosage du nitrate d'ammonium présent dans l'eau (analyse quantitative)	56
11.3.1	Chromatographie d'échange d'ions	56
11.4	Identification du nitrate d'ammonium présent dans l'eau (analyse qualitative)	56
11.5	Dosage du nitrate d'ammonium dans le sol (analyse quantitative)	56
11.5.1	Titrage	56
11.6	Identification du nitrate d'ammonium dans le sol (analyse qualitative)	57
12	**Références et bibliographie**	58
12.1	Références	58
12.2	Bibliographie	62

LISTE DES FIGURES

1	Solubilité dans l'eau en fonction de la température	7
2	Masse volumique de la solution en fonction de la température	7
3	Point d'ébullition	8
4	Emplacement des fabriques de nitrate d'ammonium	10
5	Perforation de la paroi inférieure d'un wagon-citerne	19
6	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps d'écoulement	20
7	Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement	20
8	Étapes à suivre pour calculer la teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées	23
9	Distance en fonction du temps	24
10	Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal	25
11	Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique	26
12	Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente	27
13	Delta en fonction de alpha	28
14	Teneur maximale en fonction de delta	29
15	Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique	31
16	Teneur moyenne en fonction du volume d'eau	32
17	Migration dans le sol	34
18	Plan d'utilisation des nomogrammes	36
19	Migration dans du sable grossier	37
20	Migration dans du sable limoneux	38
21	Migration dans du till argileux	39

LISTE DES TABLEAUX

1	Nomogrammes de conversion	6
2	Spécifications des emballages pour le nitrate d'ammonium	12
3	Compatibilité du nitrate d'ammonium et de certains matériaux de fabrication	14

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.	Dose létale minimale
DL 50	Dose létale moyenne
et coll.	et collaborateurs
eV	Électronvolt
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
IDLH	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	jour
J	Joule
k	Coefficient de perméabilité
l	litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
MAK	Teneur maximale admissible (norme établie par la RFA)
MAK-K	Teneur maximale admissible (norme établie par la RDA)
MAK-D	Teneur maximale admissible – courte durée (norme établie par la RDA)
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK	Teneur maximale d'immission (norme établie par la RDA)
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse molaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
Pa · s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._c$	Température critique
TE 50	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50	Teneur inhibitrice moyenne
TLm	Tolérance moyenne
TL min.	Teneur létale minimale
TL 50	Teneur létale moyenne
TLV®	*Threshold Limit Value*
TLV®C	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales

TT min.	Teneur toxique minimale
u	Vitesse du vent
μ	Viscosité
vap	Vapeur
vol.	Volume
V	Vitesse d'écoulement
V biod.	Vitesse de biodégradation
V évap.	Vitesse d'évaporation
^{o}Bé	Degré Baumé
^{o}C	Degré Celsius
ϕ	Diamètre
x	Distance sous le vent
W	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection «Enviroguide». Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bio-accumulation. – Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bioconcentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. – Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. – Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. – Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. – Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. – La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. – Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur des tissus d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* – Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. – Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un «récepteur» qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. – En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. – Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. – Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV – *Short Term Exposure Limit*). – Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. – Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. – Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV®-C sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. – La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il y ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). – Rapport de la masse d'une substance dissoute à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV®-C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* – Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. – Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyers' Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)

1 RÉSUMÉ

Nitrate d'ammonium (NH_4NO_3)

Le nitrate d'ammonium se présente, à l'état solide, sous forme de cristaux, de grains ou de sphérules, de couleur blanche à gris pâle, et est inodore.

Synonymes
Nitranamite, sel ammoniacal d'acide nitrique, salpêtre de Norvège, salpêtre allemand.

Numéros d'identification
UN 0222 (explosif, contenant plus de 0,2 p. 100 de combustibles); UN 0223 (explosif, contenant une quantité plus élevée de combustibles que 2069 à 2072); UN 1942 (oxydant, contenant moins de 0,2 p. 100 de combustibles); UN 2067 (oxydant, engrais de type A, contenant pas moins de 90 p. 100 de NH_4NO_3 et pas plus de 0,2 p. 100 de combustibles ou entre 70 p. 100 et 90 p. 100 de NH_4NO_3 et pas plus de 0,4 p. 100 de combustibles); UN 2068 (oxydant, engrais de type A, contenant entre 80 p. 100 et 90 p. 100 de NH_4NO_3 et pas plus de 0,4 p. 100 de combustibles); UN 2069 (oxydant, engrais de type A, contenant entre 45 p. 100 et 70 p. 100 de NH_4NO_3 et pas plus de 0,4 p. 100 de combustibles); UN 2070 (oxydant, engrais de type A, contenant entre 70 p. 100 et 90 p. 100 de NH_4NO_3 et pas plus de 0,4 p. 100 de combustibles); UN 2071 (engrais de type B, contenant moins de 70 p. 100 de NH_4NO_3 et pas plus de 0,2 p. 100 de combustibles); UN 2072 (oxydant, engrais); UN 2426 (oxydant, en solution, contenant pas moins de 15 p. 100 d'eau); CAS 6484-52-2; OHM-TADS 7216588; STCC 4918310-12 (à l'état solide); STCC 4918774 (en solution).

Qualités et teneurs

	Engrais	Explosifs
À l'état solide (sous forme de sphérules)	95 % à 99 % de NH_4NO_3 et 33 % à 35 % de N	95 % à 97 % de NH_4NO_3
En solution	> 40 % de NH_4NO_3 50 % de NH_4NO_3 93 % de NH_4NO_3	

Étiquette d'identification non obligatoire.

Dangers immédiats
Incendie. – Le nitrate d'ammonium est ininflammable. Toutefois, il peut exploser ou se décomposer sous l'effet d'un choc ou de la chaleur.
Effet sur l'homme. – Légèrement toxique si ingéré.
Effet sur l'environnement. – Une teneur élevée de l'eau en nitrate d'ammonium est nuisible pour la vie aquatique.

Données relatives aux propriétés physiques

État (15 °C, 1 atm)	Solide
Point d'ébullition	Se décompose
Point de fusion	169,6 °C
Densité relative	1,725 g/cm^3 à 25 °C
Solubilité (dans l'eau)	118 g/100 ml à 0 °C
Comportement (dans l'eau)	Coule au fond et se mélange
Seuil de perception par l'appareil olfactif	Le nitrate d'ammonium est inodore

Dangers pour l'environnement

Le nitrate d'ammonium est une substance nutritive. Le déversement accidentel de ce produit dans les eaux dormantes de lacs, étangs, etc. peut entraîner une prolifération excessive des algues et modifier l'équilibre des espèces du milieu aquatique. Le nitrate d'ammonium ne présente aucun danger de bio-accumulation.

Dangers pour l'homme

La TLV® et le IDLH du nitrate d'ammonium n'ont pas été établis.

Effets en cas d'inhalation. – La poussière de nitrate d'ammonium peut irriter les yeux et les muqueuses. Elle peut provoquer des accès de toux et des troubles respiratoires. Les oxydes d'azote libérés par la décomposition du nitrate d'ammonium à une température élevée sont très toxiques et peuvent causer une irritation aiguë des voies respiratoires.

Effets en cas de contact. – Irritation de la peau et des yeux à son contact.

Effets en cas d'ingestion. – Nausées et hypertension et, dans le cas d'une dose massive, mort.

Dispositions immédiates à prendre

- En cas de déversement

Interdire l'accès aux lieux où s'est produit l'accident. Signaler «Comburant». Appeler les pompiers et avertir le fabricant. Arrêter l'écoulement et confiner le produit si cela ne présente aucun risque. Empêcher l'eau contaminée de pénétrer dans les égouts ou les cours d'eau.

- En cas d'incendie

Le nitrate d'ammonium est ininflammable, mais il peut se décomposer ou détoner avec explosion en masse à la chaleur. Inonder tout incendie. Refroidir à l'eau les récipients exposés à la chaleur du feu.

Mesures d'intervention d'urgence

- Nitrate d'ammonium répandu sur le sol

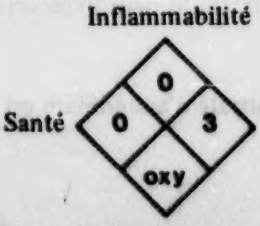
Construire des barrages pour empêcher le ruissellement de l'eau qui a servi à inonder le produit. Ramasser le produit manuellement ou mécaniquement.

- Nitrate d'ammonium déversé dans l'eau

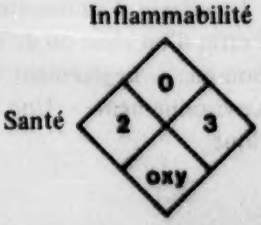
Confiner l'eau polluée au moyen de déversoirs, d'un dispositif de dérivation ou de barrages naturels. Enlever le produit non dissous à l'aide d'un appareil aspirateur ou de dragues mécaniques. Diluer ou traiter l'eau contaminée ou l'utiliser comme engrais.

Évaluation du risque du nitrate d'ammonium selon la NFAP

S'il n'y a pas incendie



S'il y a incendie



2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Propriétés physiques	
Aspect	Granules transparents ou de couleur blanche à grise (Merck, 1983)
État à l'expédition	À l'état solide (CCD, 1977)
État physique (15 °C, 1 atm)	À l'état solide
Point de fusion	169,6 °C (CRC, 1980; Ullmann, 1975)
Point d'ébullition	À l'état solide, il se décompose avant ébullition (DuPont MSDS, 1980)
Température de décomposition	302 °C (NFPA, 1978)
Densités	
Masse volumique	À l'état solide: 1,725 g/cm^3 à 20 °C (Ullmann, 1975) À l'état liquide (solution à 50 p. 100): 1,2250 g/cm^3 à 20 °C (Ullmann, 1975)
Densité globale	Qualité engrais, densité élevée: 0,88 g/cm^3 à 0,95 g/cm^3 (CCPA, 1982) Qualité explosif, faible densité: 0,72 g/cm^3 à 0,80 g/cm^3 (CCPA, 1982)
Densité relative	1,725 à 25 °C (CRC, 1980)
Propriétés relatives à la combustion	
Inflammabilité	Ininflammable. Oxydant permettant la combustion (NFPA, 1978)
Limites inférieures et supérieures d'explosibilité	Toutes les teneurs en nitrate d'ammonium sont stables aux températures inférieures au point de fusion en l'absence de matières organiques (Kirk-Othmer, 1980)
Température de décomposition	302 °C (NFPA, 1978); > 250 °C (PB 81-152928)
Produits de décomposition	Eau, azote, oxygène et oxydes d'azote (par exemple, oxydes nitreux) (Ullmann, 1975)
Comportement dans un incendie	L'action de la chaleur peut le faire détoner (DuPont MSDS, 1980)
Explosibilité	Peut détoner si chauffé en vase clos ou sous fort confinement qui permettent une montée de la pression ou sous l'effet de chocs violents (NFPA, 1978)
Chaleur d'explosion	1620 kJ/kg (Ullmann, 1975) 1601 kJ/kg (Meyer, 1977)
Volume des gaz de détonation	980 l/kg (Meyer, 1977)
Vitesse de détonation	2,7 km/s (Kirk-Othmer, 1980; Meyer, 1977)
Sensibilité au choc	47 Nm: aucune réaction (Meyer, 1977)
Énergie massique	530 kJ/kg (Ullmann, 1975)

Méthode du bloc de plomb	180 cm^3/10 g: volume de la cavité produite par la détonation de 10 g d'explosif placés au centre d'un bloc de plomb (Ullmann, 1975; Meyer, 1977)
Autres propriétés	
Masse moléculaire relative de la substance pure	80,04 (CRC, 1980)
Composition caractéristique de la qualité commerciale	Qualité engrais: > 95 p. 100 de nitrate d'ammonium, < 5 p. 100 d'humidité, d'argile, etc. Qualité explosif: > 95 p. 100 de nitrate d'ammonium, < 5 p. 100 de matières organiques, etc. (Ullmann, 1975; Kirk-Othmer, 1980)
Hygroscopicité	Très hygroscopique (Merck, 1983)
Tension de vapeur	1,5 kPa: solution saturée à 20 °C (Kirk-Othmer, 1980) 10 kPa: solution à 10 p. 100 à 50 °C (Ullmann, 1975)
Chaleur latente de fusion	6,110 kJ/mol au point de fusion (Perry, 1973)
Chaleur latente de sublimation	174,5 kJ/mol à 20 °C (Kirk-Othmer, 1980)
Chaleur de formation	En cristaux: - 339 kJ/mol à 25 °C (Lange's Handbook, 1979); - 364 kJ/mol à 25 °C (Kirk-Othmer, 1980) En solution aqueuse: - 339,9 kJ/mol à 25 °C (Bailar, 1973)
Chaleur de dissolution	- 27,1 kJ/mol pour une dilution infinie, à 18 °C (Perry, 1973) - 26,4 kJ/mol pour une dilution infinie, à 20 °C (Ullmann, 1975) + 16,75 kJ/mol: somme des chaleurs de dissolution à partir de 1 mol jusqu'à saturation (Ullmann, 1975)
Capacité thermique molaire à pression constante	À l'état solide: 139 J/mol · °C à 25 °C (Lange's Handbook, 1979); 136,2 J/mol · °C à 25 °C (Kirk-Othmer, 1980; Ullmann, 1975) En solution: 204,0 J/mol · °C entre 18 °C et 50 °C pour une solution à 64 p. 100 (Kirk-Othmer, 1980)
Coefficient de dilatation linéique	$9{,}20 \times 10^{-4}$/°C à 0 °C $9{,}82 \times 10^{-4}$/°C à 20 °C $11{,}13 \times 10^{-4}$/°C à 100 °C (Kirk-Othmer, 1978)
pH de la solution aqueuse	5,43 pour une solution de 0,1 *M* (Merck, 1983)
Compositions eutectiques	Solution aqueuse à 41,2 p. 100; point de congélation à - 17,35 °C (Lange's Handbook, 1979)
Entropie molaire	En cristaux: 151,1 J/mol · °C (Bailar, 1973) En solution aqueuse: 259,8 J/mol · °C (Bailar, 1973)

Solubilité	
• dans l'eau	118 g/100 ml à 0 °C, 187 g/100 ml à 20 °C, 843 g/100 ml à 100 °C (Kirk-Othmer, 1980)
• dans d'autres produits courants	Éthanol: 3,8 g/100 ml à 20 °C (CRC, 1980) Méthanol: 17,1 g/100 ml à 20 °C (CRC, 1980) Soluble dans l'acétone et l'ammoniac; insoluble dans l'oxyde d'éthyle (CRC, 1980)

Propriétés de constitution

À l'état solide, le nitrate d'ammonium présente, à la pression normale, cinq formes cristallines (Kirk-Othmer, 1980; Ullmann, 1975).

Forme		Température	Symbole
I	Cubique	entre 125,2 °C et 169,6 °C	ϵ
II	Quadratique	entre 84,2 °C et 125,2 °C	δ
III	Monoclinique	entre 32,1 °C et 84,2 °C	γ
IV	Orthorhombique (à paramètres presque orthorhombiques)	entre - 18 °C et 32,1 °C	β
V	Quadratique	au-dessous de - 18 °C	α

La transformation qui s'effectue à 84,2 °C, de la forme II à la forme III, est particulièrement intéressante à cause de la dilatation soudaine des cristaux au point de refroidissement. La transition à 32,1 °C a une grande importance parce que ce degré de chaleur se rapproche le plus des températures habituelles d'emmagasinage. Toutefois, nous n'avons pas trouvé de données sur les phénomènes de dilatation ou de contraction susceptibles de se produire à cette température.

Les propriétés explosives du nitrate d'ammonium sont connues depuis plusieurs années. Il se décompose entre 200 °C et 260 °C suivant l'équation (Kirk-Othmer, 1980; Ullmann, 1975):

$$NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2\,H_2O$$

Cette réaction n'est pas explosive et possède un enthalpie de - 37,3 kJ/mol. On peut l'exprimer par:

$$2\,NH_4NO_3 \rightarrow 2\,N_2 + 4\,H_2O + O_2$$

ou

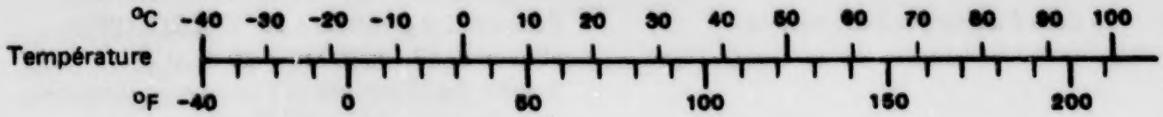
$$4\,NH_4NO_3 \rightarrow 3\,N_2 + 2\,NO_2 + 8\,H_2O$$

L'enthalpie de la réaction exprimée par la seconde équation est de 103 kJ/mol (Ullmann, 1975). Il était indiqué dans un de nos livres de référence que la réaction exprimée par la première équation est celle qui était la plus susceptible de survenir aux températures plus élevées que 300 °C, et celle qui est exprimée par la seconde équation se produirait aux températures au-dessous de 300 °C (Bailar, 1973).

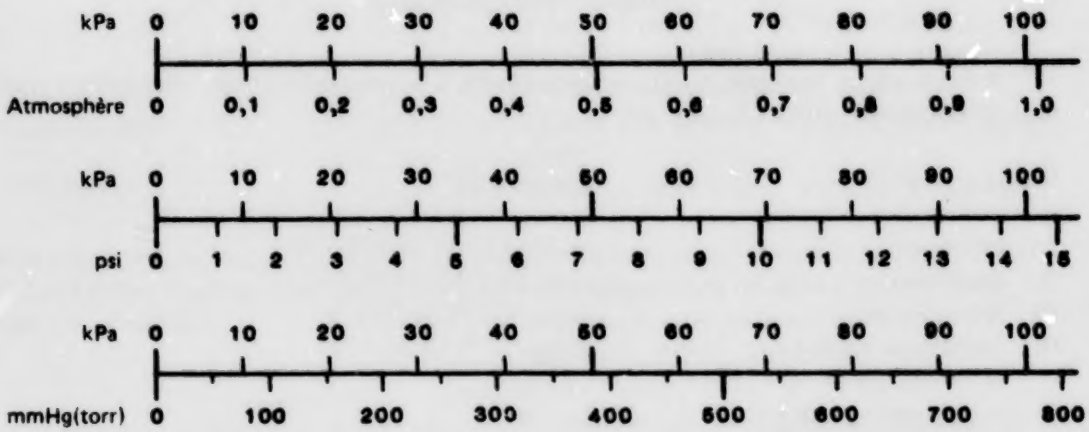
On fabrique les explosifs au nitrate d'ammonium en employant du nitrate d'ammonium de faible densité mélangé à des transporteurs de carbone comme le bois ou les huiles, à des catalyseurs comme de l'aluminium en poudre, des désensibilisants à l'eau et des sensibilisants comme le

Tableau 1

NITRATE D'AMMONIUM — NOMOGRAMMES DE CONVERSION



Pression — 1 kPa = 1 000 Pa



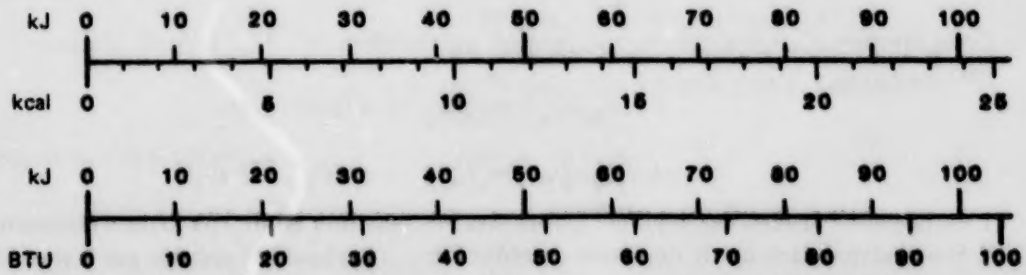
Viscosité

Dynamique — 1 Pa·s = 1 000 centipoises (cPo)

Cinématique — 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)
1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) — 1 kJ = 1 000 J



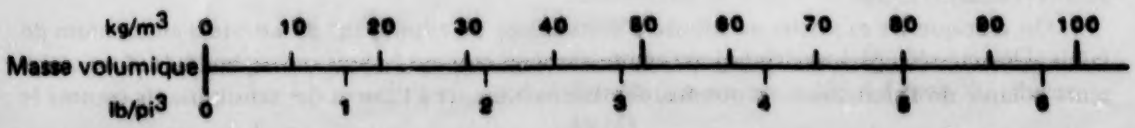


Figure 1

NITRATE D'AMMONIUM **SOLUBILITÉ DANS L'EAU EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Référence: Kirk-Othmer, 1980

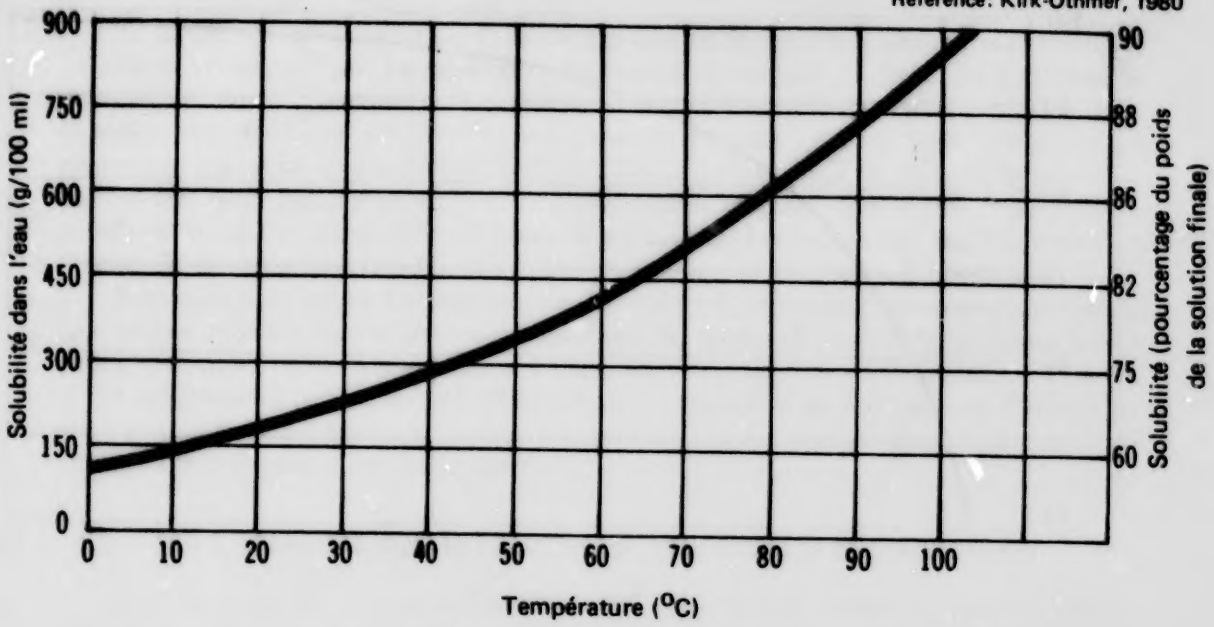


Figure 2

NITRATE D'AMMONIUM **MASSE VOLUMIQUE DE LA SOLUTION EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Référence: Ullmann, 1975

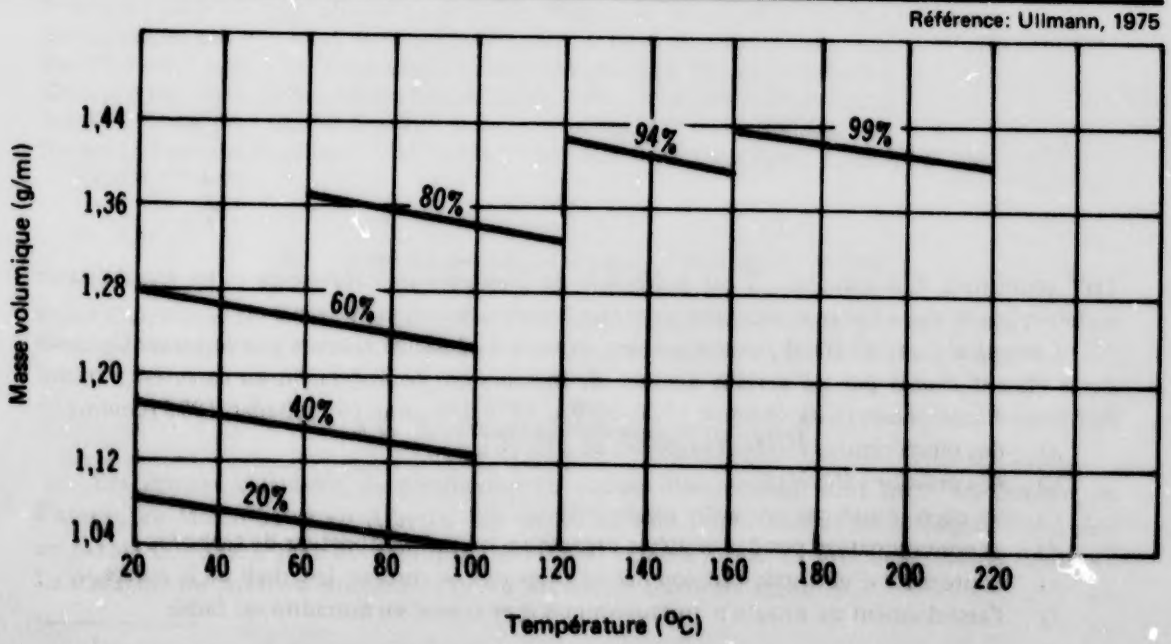
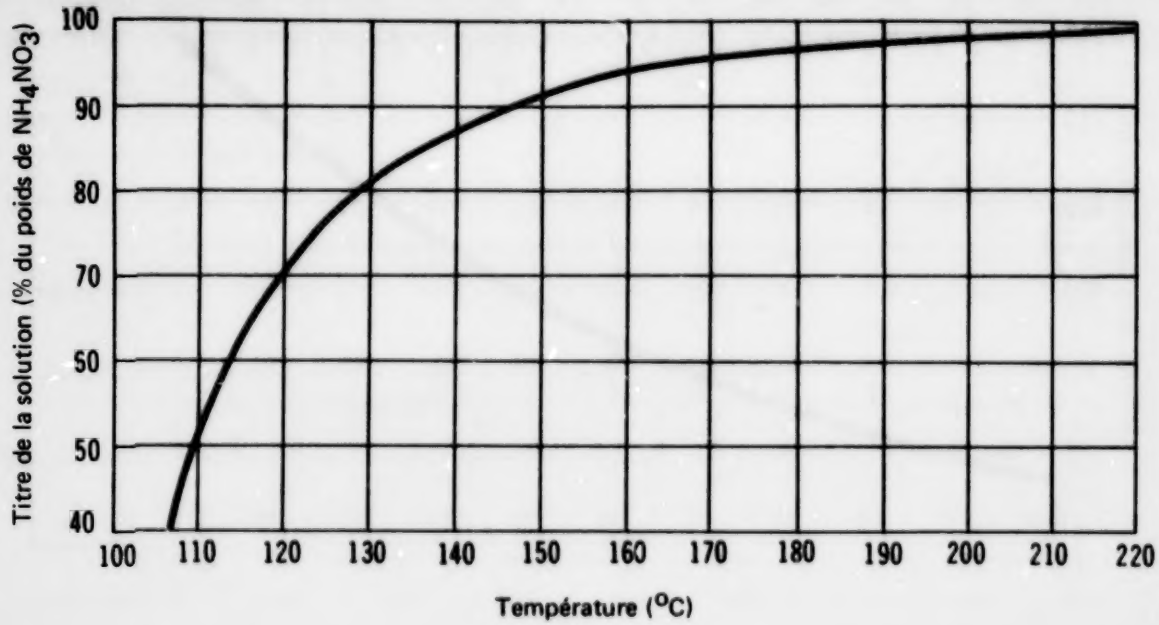


Figure 3

NITRATE D'AMMONIUM — POINT D'ÉBULLITION DE LA SOLUTION



TNT (trinitro-2, 4, 6 toluène). Il est préférable de n'ajouter les catalyseurs et les sensibilisants qu'avant l'utilisation des explosifs pour éviter un accident au cours du transport.

Les engrais au nitrate d'ammonium ont explosé à plusieurs reprises par le passé. Ces accidents étaient causés par un certain nombre de facteurs qui contribuaient au caractère explosif du nitrate d'ammonium (Kirk-Othmer, 1980; NFPA, 1978; Ullmann, 1975; Bailar, 1973) comme:

a) des températures élevées (au-dessus de 250 °C),
b) des pressions élevées,
c) un choc (causé par une autre explosion),
d) sa contamination par des matières organiques ou un transporteur de carbone,
e) la présence d'un catalyseur comme les chlorures, le chrome, le cobalt ou le cuivre,
f) l'assèchement du nitrate d'ammonium ou si sa teneur en humidité est faible.

3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et teneurs

Le nitrate d'ammonium est vendu au Canada dans les deux catégories suivantes de produits: les engrais et les explosifs. La fabrication des engrais représentait, en 1982, 79 p. 100 de la demande en nitrate d'ammonium. Les engrais au nitrate d'ammonium contiennent 95 p. 100, et parfois plus, de nitrate d'ammonium sous forme de sphérules[1], dont la densité est élevée. La plupart des engrais au nitrate d'ammonium sont vendus à l'état solide en grains ou en sphérules. Ils sont également disponibles sur le marché en solutions aqueuses, dont le titre peut atteindre jusqu'à 40 p. 100 et même 83 p. 100 pour leur transport. Les engrais sont souvent vendus en fonction de leur taux d'azote (35 p. 100 d'azote = 100 p. 100 de nitrate d'ammonium).

Les explosifs au nitrate d'ammonium contiennent 95 p. 100 ou plus de nitrate d'ammonium en sphérules de faible densité. Ils sont fabriqués avec des transporteurs de carbone comme le bois ou les hydrocarbures, des désensibilisants à l'eau, des catalyseurs comme l'aluminium en poudre et des sensibilisants comme le TNT (trinitro-2, 4, 6 toluène). Il est préférable de n'ajouter les catalyseurs et les sensibilisants qu'après le transport pour ne pas rendre le produit instable (Kirk-Othmer, 1980; Corpus, 1984; PB81-152928).

3.2 Fabricants situés au Canada (Scott, 1979; CCPA, 1981; CBG, 1980)

Le lecteur trouvera ci-dessous des adresses de sièges sociaux. Il faudrait noter qu'elles ne sont pas fournies dans le but qu'on s'en serve comme premier recours en cas de déversement accidentel.

C-I-L Inc., 96 Sheppard Avenue East, North York, Ontario, M2N 6H2, (416) 229-7000
Cominco, 200 Granville Street, Vancouver, Colombie-Britannique, V6C 2R2, (604) 682-0611
Cyanamid Canada Inc., 2255 Sheppard Avenue East, Willowdale, Ontario, M2J 4Y5, (416) 498-9405
DuPont Canada Inc., 555 ouest, boulevard Dorchester, C.P. 6000, Montréal, Québec, H3C 2V1, (514) 397-2700
Esso Chemical Canada, 2300 Yonge Street, Toronto, Ontario, M5W 1K3, (416) 488-6600
Nitrochem Inc., 2055 rue Peel, bureau 800, Montréal, Québec, H3A 1V4, (514) 849-9222
Simplot Chemical Co. Ltd., P.O. Box 940, Brandon, Manitoba, R7A 6A1, (204) 728-5701
Western Co-Operative Fertilizers, 11111 Barlow Tr. S.E., P.O. Box 2500, Calgary, Alberta, T2P 2N1, (403) 279-4421

3.3 Autres fournisseurs (Corpus, 1984; Scott, 1979)

United Cooperatives of Ontario, 151 City Centre Drive, Mississauga, Ontario, L5B 1M7, (416) 270-3560
U.S. Steel International of Canada Ltd., 7 King Street East, Toronto, Ontario, M5C 1A8, (416) 364-6291

3.4 Itinéraires utilisés pour le transport

Les centres canadiens de production du nitrate d'ammonium sont situés au Québec, en Ontario, au Manitoba et en Alberta. Les usines les plus importantes sont à Niagara Falls, près de Sarnia (Ontario), près de Winnipeg (Manitoba) et dans le sud de l'Alberta (voir la figure 4). Le transport du nitrate d'ammonium se fait sur tout le territoire canadien.

---

[1] Ces sphérules sont également appelées «prills» dans l'industrie des engrais.

Figure 4

NITRATE D'AMMONIUM

EMPLACEMENT DES FABRIQUES DE NITRATE D'AMMONIUM

3.5 Volume de production (Corpus, 1984)

Société	Ville	Province	Capacité nominale, en kilotonnes/an (1980)
C-I-L Inc.	Beloeil	Québec	65
C-I-L Inc.	Nobel	Ontario	20
C-I-L Inc.	Courtright	Ontario	145
C-I-L Inc.	Carseland	Alberta	225
Cominco	Calgary	Alberta	20
Cyanamid Canada	Niagara Falls	Ontario	200
DuPont Canada	North Bay	Ontario	25
Esso Chemical Canada	Redwater	Alberta	210
Nitrochem	Maitland	Ontario	170
Simplot Chemical	Brandon	Manitoba	135
Western Cooperative Fertilizers	Calgary	Alberta	77
Western Cooperative Fertilizers	Medicine Hat	Alberta	60
Total			*1352*
Production nationale (1982)			1200
Importations (1982)			10,3
Approvisionnement total en nitrate d'ammonium			*1210,3*

3.6 Fabrication industrielle

3.6.1 Information générale. – Au Canada, le nitrate d'ammonium est obtenu par réaction de l'acide nitrique sur l'ammoniac.

3.6.2 Procédé de fabrication (CCPA, 1982; Kirk-Othmer, 1980). – On emploie à cet effet de l'acide nitrique, dont le titre varie entre 55 p. 100 et 60 p. 100, pour neutraliser du gaz ammoniacal dans un récipient de neutralisation en acier inoxydable à une température et une pression contrôlées. La neutralisation peut être effectuée soit sous une pression donnée, soit à la pression atmosphérique, selon le procédé adopté. La chaleur dégagée par la réaction fait monter la température dans le récipient, faisant évaporer l'eau et augmentant la teneur en nitrate d'ammonium à l'état solide à 80 p. 100 à 85 p. 100. La réaction globale est la suivante:

$$NH_3 \text{ (gazeux)} + NNO_3 \text{ (en solution aqueuse)} \longrightarrow NH_4NO_3 \text{ (en solution aqueuse)}$$

Il faut éviter de surchauffer le neutralisateur; c'est pourquoi, ce dernier est muni d'un mécanisme de déclenchement automatique, sensible à la chaleur, qui coupe l'alimentation dès que la température atteint un degré trop élevé.

Les sphérules de nitrate d'ammonium à l'état solide sont obtenues d'abord par la concentration du nitrate d'ammonium en solution par évaporation sous vide ou dans un évaporateur à pellicule tombante. La solution concentrée est ensuite pulvérisée à la partie supérieure d'un tour de prillage, tandis qu'un courant d'air monte depuis le bas de la tour. Après séchage, refroidissement et tamisage, on enrobe les sphérules d'un agent anti-agglutinant comme l'argile ou la terre à diatomée pour empêcher le mottage[2] ou l'enrochement[3] du nitrate d'ammonium qui est fortement hygroscopique.

3.7 Principales utilisations au Canada (Corpus, 1984)

Le nitrate d'ammonium peut servir d'engrais, seul ou mélangé à d'autres éléments fertilisants. On l'emploie également dans la fabrication d'explosifs. En 1982, au Canada, 54 p. 100 du nitrate d'ammonium ont été employés comme engrais, 25 p. 100 comme éléments fertilisants dans des engrais composés, et 21 p. 100 dans la fabrication d'explosifs. Durant cette année, 39 p. 100 de la production totale domestique ont été exportés.

3.8 Principaux acheteurs au Canada (CBG, 1980; Corpus, 1984)

Agricultural Chemicals, London, Ontario
Alberta Wheat Pool, Edmonton, Alberta
Cargil Grain, Winnipeg, Manitoba
Coopérative Fédérée de Québec, Montréal, Québec
DuPont Canada, North Bay, Ontario
Manitoba Pool Elevators, Winnipeg, Manitoba
Saskatchewan Wheat Pool, Regina, Saskatchewan
Swift Chemical, Toronto, Ontario
United Cooperatives of Ontario, Mississauga, Ontario
United Grain Growers, Winnipeg, Manitoba
Winfield Chemical, Woodstock, Nouveau-Brunswick

---

[2] Il y a mottage du nitrate d'ammonium, lorsque les sphérules agglutinées peuvent encore être séparées à la main.

[3] Il y a enrochement du nitrate d'ammonium, lorsque les sphérules agglutinées se transforment en un bloc dur.

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

4.1 Conteneurs et autres récipients de transport

4.1.1 Transport en vrac. – Le transport en vrac des engrais au nitrate d'ammonium se fait principalement par camion (camion à benne) et par train (wagon-tombereau).

4.1.2 Emballages. – La plus grande partie des engrais au nitrate d'ammonium est emballée et expédiée dans des sacs en papier multi-plis ou dans des sacs en matière plastique. Un sac pèse ordinairement 27 kg (60 livres) et jamais moins de 23 kg (50 lb) ou plus de 50 kg (110 lb). On a estimé qu'aux États-Unis, 72 p. 100 du nitrate d'ammonium sont transportés par camion, et 28 p. 100, par train (PB-271984; DMPIR, 1982). On s'attend à des proportions similaires au Canada. Les différents modes d'emballage du nitrate d'ammonium sont décrits au tableau 2.

Le nitrate d'ammonium, surtout s'il n'est pas enrobé d'une substance anti-agglutinante, est très hygroscopique et a tendance à s'agglomérer en une masse dure en présence d'humidité. C'est pourquoi les emballages doivent être résistants à l'humidité.

Il arrive parfois que le nitrate d'ammonium soit transporté à l'état liquide dans des wagons-citernes ou dans des véhicules-citernes routiers. Le titre du nitrate d'ammonium en solution varie alors de moins de 40 p. 100 à 83 p. 100.

Tableau 2
Spécifications des emballages pour le nitrate d'ammonium

Produit	Emballage
Engrais (oxydants ou sans marque)	
• Engrais composés ou nitrate d'ammonium avec enrobage approuvé	– Sacs en toile de moins de 91 kg (200 lb) * – Sacs en papier multi-plis (minimum de 4 couches dont l'une doit être imperméable à l'humidité) de moins de 50 kg (110 lb), poids net – Sacs en papier multi-plis, similaires aux sacs précédents, mais à 3 couches seulement, de moins de 36 kg (80 lb), poids net * – Sacs réglementaires 44 P, entièrement en plastique dont la capacité n'excède pas 37 kg (81 lb) – En vrac, dans des wagons hermétiquement scellés
• Ammonitrates® et nitrate d'ammonium enrobé de matières organiques	– Caisses en bois ou en carton dur, doublées d'un revêtement en verre, métal ou autre matériau – Fûts en métal ou en carton – Barillets ou tonneaux en métal – Bidons
• Nitrate d'ammonium en solution	– Tonneaux ou fûts réglementaires 6A, 6B, 6C, en métal – Fûts réglementaires 17c, 17E, 17H 37a, 37B, en métal (jetables)

* L'astérisque indique le mode d'emballage employé le plus souvent.

Tableau 2 (suite)

Produit	Emballage
	– Caisses réglementaires 12B, en carton dur, doublées d'un conteneur à l'intérieur – Wagons-citernes 111A60ALW1, 111A100ALW ou 111A103ALW – Camions-citernes
Explosifs (explosifs fusants)	– Tonneaux ou barillets réglementaires 10B, en bois, dont le poids brut n'excède pas 91 kg (200 lb) – Barillets réglementaires n° 13, en métal, d'une hauteur minimale de 178 mm (7 po), dont le poids peut varier entre 3 kg et 68 kg (6 1/4 lb et 150 lb) – Caisses réglementaires 14, 15A et 16A, en bois, doublées d'un barillet réglementaire n° 13 en métal ou de conteneurs en carton ou en métal de capacité maximale de 0,7 kg (1 1/2 lb) ou de sacs en coton de capacité maximale de 11 kg (25 lb) – Caisses réglementaires 14, 15A ou 16A, en bois, doublées de sacs en papier résistant, dont la capacité n'excède pas 11 kg (25 lb) – Caisses réglementaires 12H, 23F ou 23H, en carton dur, doublées de conteneurs cylindriques, en fibres, enduits de paraffine, d'un diamètre maximal de 127 mm (5 po) et d'une hauteur maximale de 457 mm (18 po) – Caisses réglementaires 12H, 23F ou 23H, en carton dur, doublées de sacs en papier résistant, dont la capacité n'excède pas 11 kg (25 lb) – Caisses réglementaires 15a, en bois, doublées suivant la norme 2L

4.2 Compatibilité du nitrate d'ammonium et des matériaux de fabrication

La compatibilité du nitrate d'ammonium à l'état solide et à l'état liquide et des matériaux de fabrication de l'équipement de service est indiquée au tableau 3. Le système d'évaluation utilisé dans le tableau 3 est décrit brièvement ci-après.

Recommandé: Le matériau aura un rendement satisfaisant avec l'application indiquée.

Avec réserves: Le matériau montrera des signes de détérioration avec l'application indiquée; il peut convenir pour un usage intermittent ou pour un service de courte durée.

Déconseillé: L'application indiquée causera une grave détérioration du matériau; son usage est donc déconseillé.

Tableau 3

Compatibilité du nitrate d'ammonium et de certains matériaux de fabrication

Application	État du nitrate d'ammonium		Matériau recommandé	Matériau à employer avec réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Température			
1. Conduites et raccords	–	23 °C	Acrylonitrile-butadiène-styrène (DPPED, 1967)		
	–	49 °C	Polyéthylène (DPPED, 1967)		
	–	60 °C	Chlorure de polyvinyle I Chlorure de polyvinyle II (DPPED, 1967)		
	Solution saturée	66 °C	Chlorure de polyvinylidène (DCRG, 1978)		
	Solution saturée	79 °C	Polypropylène (DCRG, 1978)		
	Solution saturée	121 °C	Polyéther chloré (DCRG, 1978)		
	Solution saturée	135 °C	Fluorure de polyvinylidène (DCRG, 1978)		
		Jusqu'à la limite de tolérance du matériau	Chlorure de polyvinyle I Acrylonitrile-butadiène-styrène Polyéthylène (MWPP, 1978)		
2. Robinetterie	Toute teneur	21 °C, ébullition	Acier inoxydable 316 Acier inoxydable S-20 (JSSV, 1979)		
	Solution saturée	66 °C	Fonte doublée de chlorure de polyvinylidène (DCRG, 1978)		
	Solution saturée	79 °C	Fonte doublée de polypropylène		
	Solution saturée	121 °C	Fonte doublée de polyéther chloré (DCRG,1978)		
3. Pompes	Toute teneur	93 °C	Ester vinylique avec joint torique en caoutchouc fluoré (Viton)		
	Solution aqueuse		Tout en acier Acier inoxydable 304		

Tableau 3 (suite)

Application	État du nitrate d'ammonium		Matériau recommandé	Matériau à employer avec réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Température			
			Acier inoxydable 316 Haut silicone Fonte Monel (HIS, 1969)		
4. Autres	Solution saturée	60 °C	Chlorure de polyvinyle non plastifié Polyéthylène Polypropylène Polyoxyméthylène Caoutchouc naturel Caoutchouc d'acrylonitrile/ butadiène (Nitrile, Buna N) Caoutchouc d'isobutylène/ isoprène (Butyle) Caoutchouc d'éthylène-propylène Polychloroprène (Néoprène) Caoutchouc fluoré (Viton) Polyéthylène chlorosulfonique (Hypalon) (GFPS)		
		60 °C	Chlorure de polyvinyle (TPS, 1978)		
	Solution saturée	80 °C	Polypropylène Caoutchouc d'isobutylène-isoprène (Butyle) Caoutchouc d'éthylène-propylène Polychloroprène (Néoprène) Caoutchouc fluoré (Viton) Polyéthylène chlorosulfonique (Hypalon) (GFPS)	Polyéthylène Polyoxyméthylène Caoutchouc d'acrylo-nitrile/butadiène (Nitrile, Buna N) (GFPS)	Chlorure de polyvinyle non plastifié Caoutchouc naturel (GFPS)

Tableau 3 (suite)

Application	État du nitrate d'ammonium		Matériau recommandé	Matériau à employer avec réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Température			
	Solution saturée	82 °C	Polypropylène (TPS, 1978)		
	Solution saturée	85 °C	Chlorure de polyvinyle chloré (TPS, 1978)		
	Solution saturée	100 °C	Caoutchouc d'isobutylène/isoprène (Butyle) Caoutchouc d'éthylène propylène Polychloroprène (Néoprène) Caoutchouc fluoré (Viton) Polyéthylène chlorosulphonique (Hypalon) (GFPS)	Polypropylène (GFPS)	Chlorure de polyvinyle non plastifié Polyéthylène Polyoxyméthylène Caoutchouc naturel Caoutchouc d'acrylonitrile/butadiène (Nitrile, Buna N) (GFPS)
	Solution saturée	Ébullition	Aciers inoxydables 302, 304, 316 et 430 (ASS) Caoutchouc naturel* Caoutchouc de styrène/butadiène (GR-5, Buna S) Polychloroprène (Néoprène) Caoutchouc d'acrylonitrile/butadiène (Nitrile, Buna N)* Caoutchouc d'isobutylène/isoprène (Butyle) Polyéthylène chlorosulphonique (Hypalon) Caoutchouc d'éthylène propylène (GPP)	Acier inoxydable 410 (ASS)	Cuivre Alliages de cuivre (Kirk-Othmer, 1980)

* D'après une autre source de référence, le matériau a montré une moins bonne tolérance dans des applications similaires.

Tableau 3 (suite)

Application	État du nitrate d'ammonium		Matériau recommandé	Matériau à employer avec réserves	Matériau déconseillé
	Teneur	Température			
	10 % à 50 % et 100 %	24 °C à 100 °C	Verre (CDS, 1967)		
	60 % à 90 %	100 °C	Verre (CDS, 1967)		Béton (CDS, 1967)
	10 % à 50 % et 100 %	24 °C			
	100 %	24 °C			Bois (CDS, 1967)

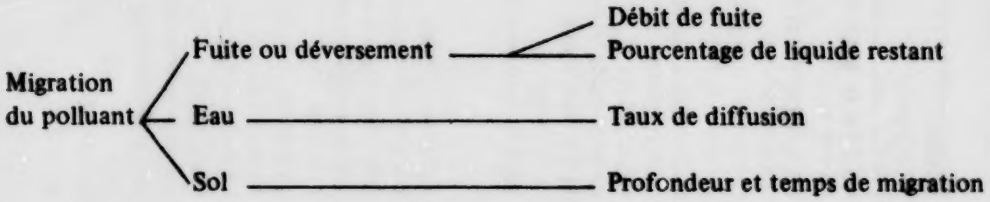
5 FUITE ET MIGRATION DU NITRATE D'AMMONIUM

5.1 Aperçu général

Le nitrate d'ammonium est transporté surtout à l'état solide, en grains ou en sphérules. Il arrive qu'on l'expédie en solution aqueuse. Déversé dans l'eau, le nitrate d'ammonium se dissout rapidement, quel que soit son état. Déversé sur le sol, le nitrate d'ammonium à l'état liquide se répand à la surface et pénètre dans le sol à une vitesse qui varie selon le type de sol et la teneur en eau de ce dernier. L'infiltration du liquide jusqu'à la nappe phréatique peut créer des problèmes sur le plan de l'environnement.

Comme le nitrate d'ammonium n'est pas volatil, il n'y a pas à craindre de diffusion de vapeurs dans l'atmosphère. Toutefois, dans certains cas, la poussière de nitrate d'ammonium peut occasionner des ennuis.

Voici les facteurs à prendre en considération lorsqu'il y a migration du polluant dans l'eau ou dans le sol.



À cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants, la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations prudentes des paramètres critiques en prévision du pire. En suivant cette méthode, il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu. Cette méthode permet donc de comparer le comportement de différents produits chimiques dans les pires scénarios à partir d'hypothèses compatibles avec chaque milieu.

5.2 Fuite du nitrate d'ammonium

5.2.1 Introduction. – Le nitrate d'ammonium est habituellement transporté à l'état solide et parfois en solution aqueuse. Lorsqu'il est à l'état liquide, on l'expédie par wagon-citerne. Il existe une grande variété de modèles de wagons-citernes, de sorte que nous avons dû en choisir un en particulier pour établir les nomogrammes de fuite. Le modèle choisi a un diamètre de 2,75 m, une longueur de 13,4 m, et il peut contenir environ 80 000 l. Le même modèle a été adopté dans tous les manuels de la collection Enviroguide pour des raisons d'uniformité.

Si la paroi inférieure d'un wagon-citerne transportant du nitrate d'ammonium en solution aqueuse diluée est perforée, son contenu s'écoulera sous l'action de la pesanteur. Les solutions dont la teneur en nitrate d'ammonium est élevée sont très visqueuses et sont presque à l'état solide à des températures normales et ne s'écouleront pas sous l'effet de la pesanteur à moins que le degré de température soit élevé.

Grâce aux nomogrammes, on pourra calculer la quantité de liquide restant dans la citerne ainsi que le débit de fuite du liquide, à mesure que le temps s'écoulera. Comme les citernes ne sont pas sous pression et que le produit est peu volatil, aucun nomogramme n'a été élaboré sur la fuite éventuelle de vapeurs par un orifice situé sur le dessus de la citerne.

Dans le cas d'un orifice situé dans le bas d'une citerne, le débit de sortie, en l'occurrence le débit de fuite, se calcule par la méthode dite des orifices (Streeter, 1971). Le débit de fuite (q) est fonction de la section (s) et de la forme de l'orifice, de la hauteur (h) du liquide au-dessus de l'orifice et du coefficient de débit (Cq). Aux fins de l'élaboration des nomogrammes, on a établi le coefficient de débit à 0,8.

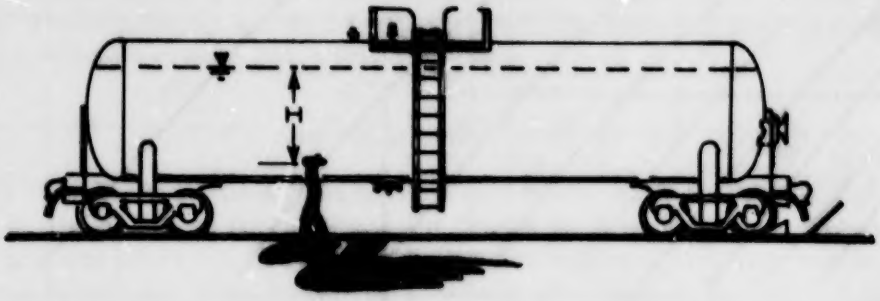


Figure 5 PERFORATION DE LA PAROI INFÉRIEURE D'UN WAGON-CITERNE

5.2.2 Nomogrammes de fuites

5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps d'écoulement. – La figure 6 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans un wagon-citerne en fonction du temps écoulé depuis le moment du bris et en fonction d'un certain nombre de diamètres de l'orifice. Ces diamètres sont des diamètres équivalents et valent pour des orifices de toutes formes.

On suppose que le wagon-citerne type a 2,75 mètres de diamètre et 13,4 mètres de longueur, qu'il contient 80 000 litres de liquide et qu'il est plein au moment du bris. Le volume de liquide restant, après un temps d'écoulement donné (t), n'est pas seulement fonction du débit de fuite, mais aussi de la taille et de la forme du wagon-citerne.

5.2.2.2 Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement. – La figure 7 permet d'évaluer à tout instant le débit de fuite après un temps d'écoulement donné (t), en fonction de diamètres équivalents donnés. Le nomogramme ne vaut que pour un wagon-citerne dont le contenu initial est de 80 000 litres.

5.2.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Il y a eu bris d'un wagon-citerne type (diamètre de 2,75 m et longueur de 13,4 m) rempli d'une solution aqueuse à 30 p. 100 de nitrate d'ammonium. L'orifice est situé dans le bas de la citerne.

Figure 6

NITRATE D'AMMONIUM

POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT EN FONCTION DU TEMPS D'ÉCOULEMENT

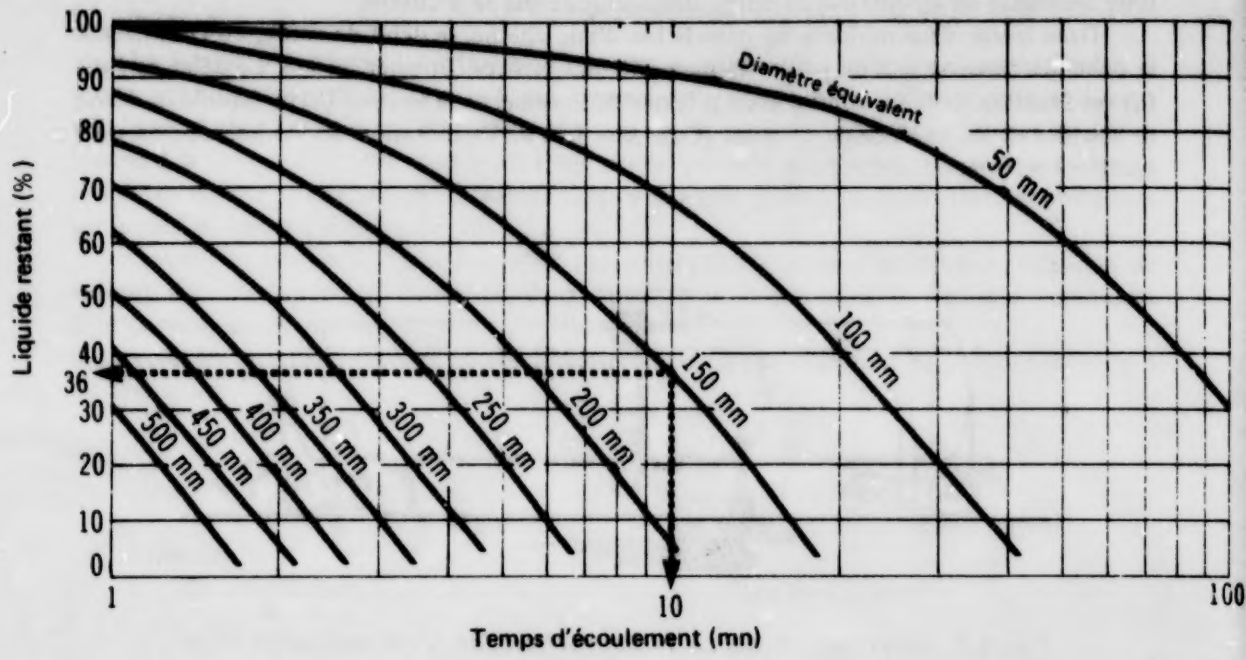
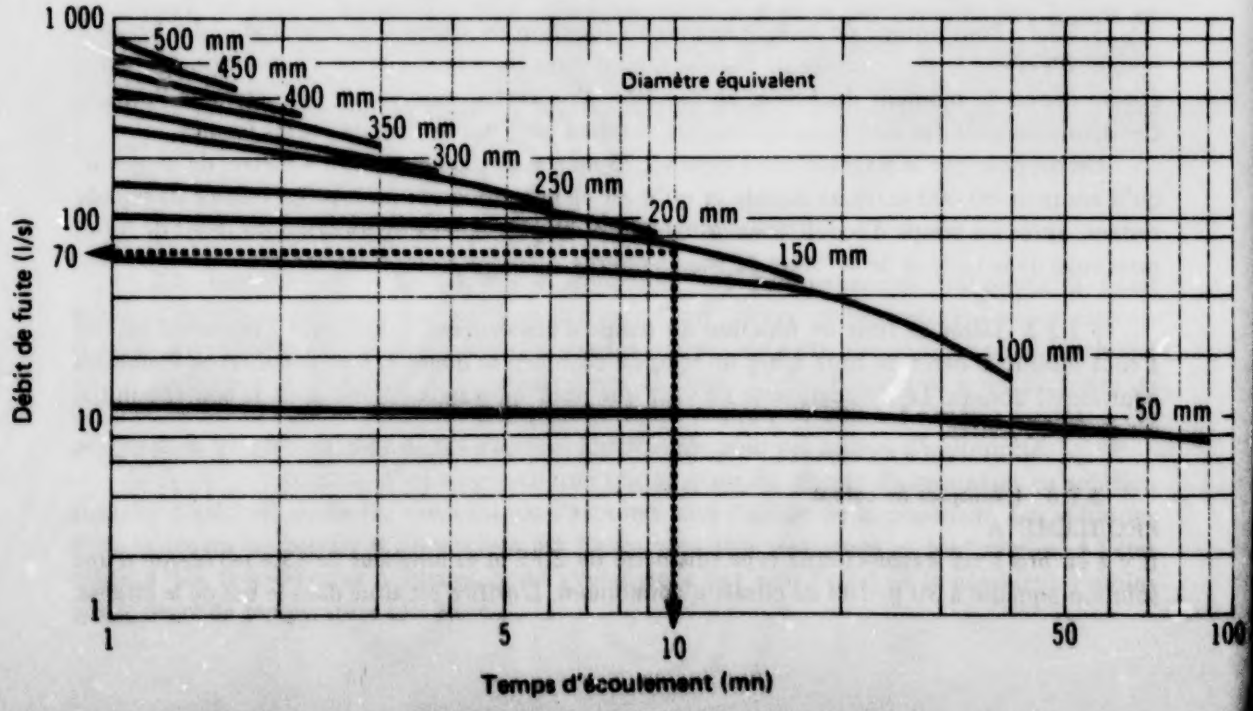


Figure 7

NITRATE D'AMMONIUM

DÉBIT DE FUITE EN FONCTION DU TEMPS D'ÉCOULEMENT



Son diamètre équivalent est de 150 mm. Quel pourcentage du volume initial de 80 000 l représente le volume de liquide restant après 10 minutes? Solution (voir figure 5): si t = 10 mn et D = 150 mm, le volume de liquide restant représente 36 p. 100 (soit 28 800 l) du volume initial.

PROBLÈME B

Les données du problème B étant les mêmes que celles du problème A, quel est le débit instantané après 10 minutes d'écoulement? Solution (voir figure 6): si t = 10 mn et D = 150 mm, le débit instantané (q) = 70 l/s.

5.3 Diffusion atmosphérique

Comme le nitrate d'ammonium est non volatil, le dégagement de vapeurs dans l'atmosphère est peu probable. Même si certains déversements accidentels peuvent dégager des poussières de nitrate d'ammonium, les auteurs n'ont pas jugé bon d'élaborer des modèles de diffusion à cause des nombreuses variables dont il faut tenir compte.

5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. – Lorsque le nitrate d'ammonium est déversé dans l'eau, il se dissout rapidement. Un mélange se fait, et le polluant déversé est dilué. En général, le phénomène de mélange peut être décrit par les équations de diffusion classiques, comportant un ou plusieurs coefficients de diffusion. Dans les rivières, le mélange est surtout le résultat d'un écoulement turbulent, alors que dans une étendue d'eau calme, il s'effectue par diffusion moléculaire.

Pour évaluer la teneur en polluant de l'eau d'une rivière en aval d'un lieu de déversement, les auteurs ont utilisé un modèle de diffusion turbulente. Ce modèle s'applique aux liquides miscibles dans l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et aux solides qui se dissolvent dans l'eau. Comme la densité relative du nitrate d'ammonium est supérieure à celle de l'eau, la teneur maximale devrait être observée près du fond dans les premières heures qui suivent le déversement.

Le modèle utilisé est unidimensionnel; il établit un canal rectangulaire théorique et suppose une teneur uniforme en polluant dans toute la section donnée de l'écoulement (section mouillée). En pratique, une telle uniformité n'est possible qu'en des points situés assez loin en aval du lieu du déversement, là où les mécanismes de mélange et de dilution ont joué suffisamment pour produire une répartition égale du polluant à travers le canal. Le modèle s'applique aux rivières dont le rapport largeur/profondeur est inférieur à 100. Il postule également un coefficient de rugosité de Manning de 0,03. (Pour plus de détails au sujet de ce modèle, voir le Manuel d'introduction Enviroguide.)

En ce qui a trait à la diffusion moléculaire dans une étendue d'eau calme, aucun modèle n'a été élaboré. Les auteurs ont établi des nomogrammes permettant de délimiter la zone dangereuse et de calculer la teneur moyenne dans cette zone en fonction de la masse de liquide déversé, indépendamment du temps écoulé.

5.4.2 Nomogrammes de diffusion du polluant dans l'eau. – Le lecteur trouvera ci-après la liste des nomogrammes servant à déterminer les teneurs en polluant dans les rivières non soumises aux marées et dans les étendues d'eau calme.

A. – Rivières non soumises aux marées

Figure 9 Distance en fonction du temps pour une plage de vitesses moyennes de l'écoulement.

Figure 10 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal pour une plage de profondeurs du canal (hauteurs d'eau).

Figure 11 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique pour une plage de vitesses moyennes de l'écoulement.

Figure 12 Alpha* en fonction du coefficient de diffusion turbulente pour différentes valeurs de temps écoulé.

Figure 13 Delta* en fonction de alpha pour différentes masses de liquide déversé.

Figure 14 Teneur maximale en fonction de delta pour des sections mouillées de différentes surfaces.

B. – Étendues d'eau calme ou lacs (au repos)

Figure 15 Volume d'eau en fonction du rayon de la zone dangereuse pour différentes profondeurs du lac (hauteurs d'eau).

Figure 16 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse pour différentes masses de liquide déversé.

La figure 8 présente les étapes à suivre pour évaluer la teneur en un point en aval après un déversement et indique les nomogrammes à utiliser; ces derniers (figures 9 à 14) sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

5.4.2.1 Diffusion dans les rivières non soumises aux marées

Figure 9. Distance en fonction du temps. – Le nomogramme montre les relations entre la vitesse moyenne de l'écoulement, le temps écoulé et la distance parcourue. Pour une vitesse moyenne de l'écoulement (V) donnée, le temps (t) que met le polluant pour atteindre un point situé à une distance (x) donnée en aval du lieu du déversement peut être obtenu rapidement à l'aide du nomogramme.

Figure 10. Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal. – Le modèle choisi pour évaluer la teneur en polluant en aval du lieu du déversement comporte un canal rectangulaire théorique de largeur (L), ayant une hauteur d'eau (h). Le rayon hydraulique (r) doit être connu pour calculer le coefficient de diffusion turbulente (E). Le rayon hydraulique lui-même correspond au rapport de la surface de la section (s) mouillée (ou section de l'écoulement) au périmètre mouillé (B). Le nomogramme permet de déterminer le rayon hydraulique d'un canal à partir de la largeur de ce dernier et de la hauteur d'eau.

Figure 11. Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique. – Les données connues sur le rayon hydraulique (r) et sur la vitesse moyenne de l'écoulement (V) permettent de déterminer le coefficient de diffusion turbulente (E).

Figure 12. Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente. – Le nomogramme permet d'obtenir le facteur de conversion (α); ce dernier est fonction du coefficient de diffusion turbulente (E) et du temps (t) requis pour atteindre un point situé en aval du lieu du déversement.

Figure 13. Delta en fonction de alpha. – Un second facteur de conversion, delta (Δ), est requis pour évaluer la teneur en polluant en un point donné. Delta est fonction d'alpha et de la masse du liquide déversé.

Figure 14. Teneur maximale en fonction de delta. – Il s'agit de la dernière étape dans la détermination de la teneur maximale en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement. En se servant du facteur delta et connaissant la surface de la section mouillée (s), il est facile de trouver la teneur. La valeur obtenue vaut pour les liquides miscibles dans l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et pour les solides solubles dans l'eau; elle variera quelque peu dans le cas de polluants dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau.

*Alpha et delta ne sont que des facteurs de conversion; leur utilité est de faciliter le calcul des teneurs en aval du lieu du déversement.

Figure 8

NITRATE D'AMMONIUM

ÉTAPES À SUIVRE POUR CALCULER LA TENEUR EN POLLUANT DANS UNE RIVIÈRE NON SOUMISE AUX MARÉES

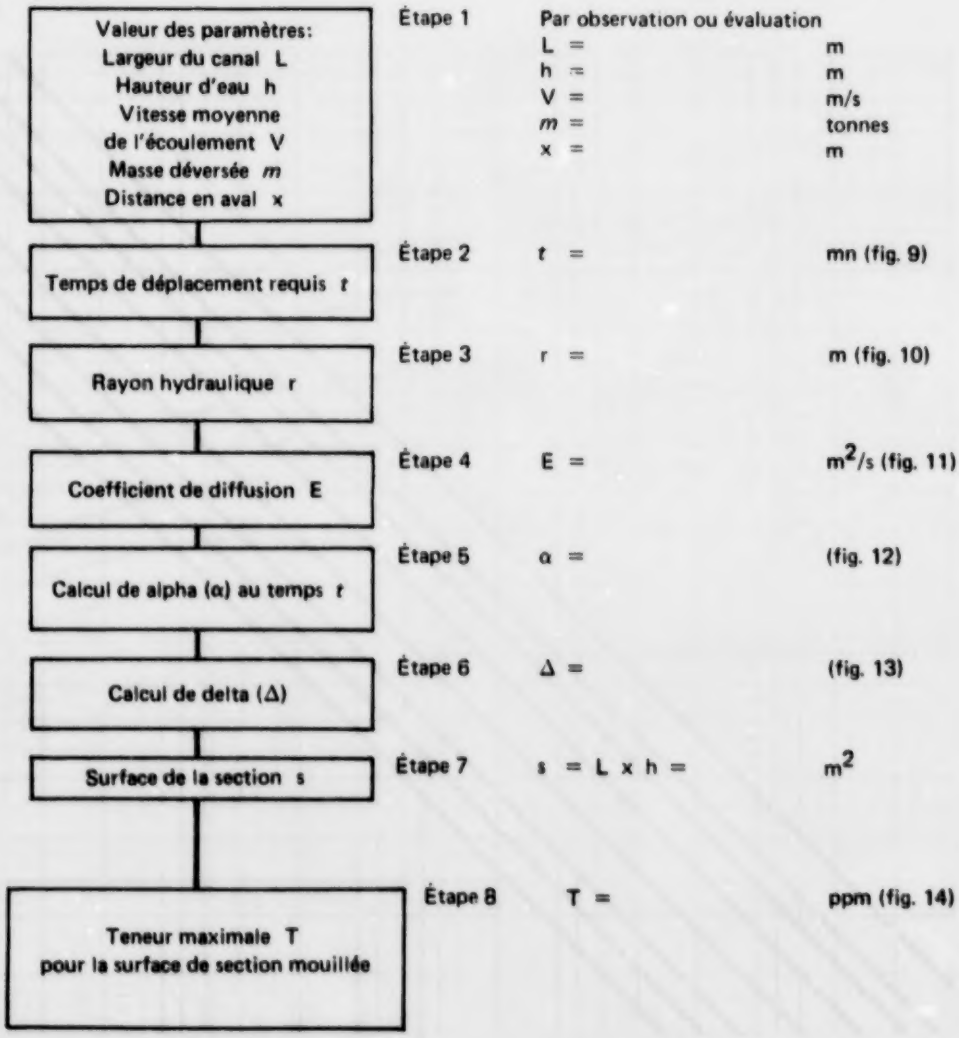


Figure 9

NITRATE D'AMMONIUM — DISTANCE EN FONCTION DU TEMPS

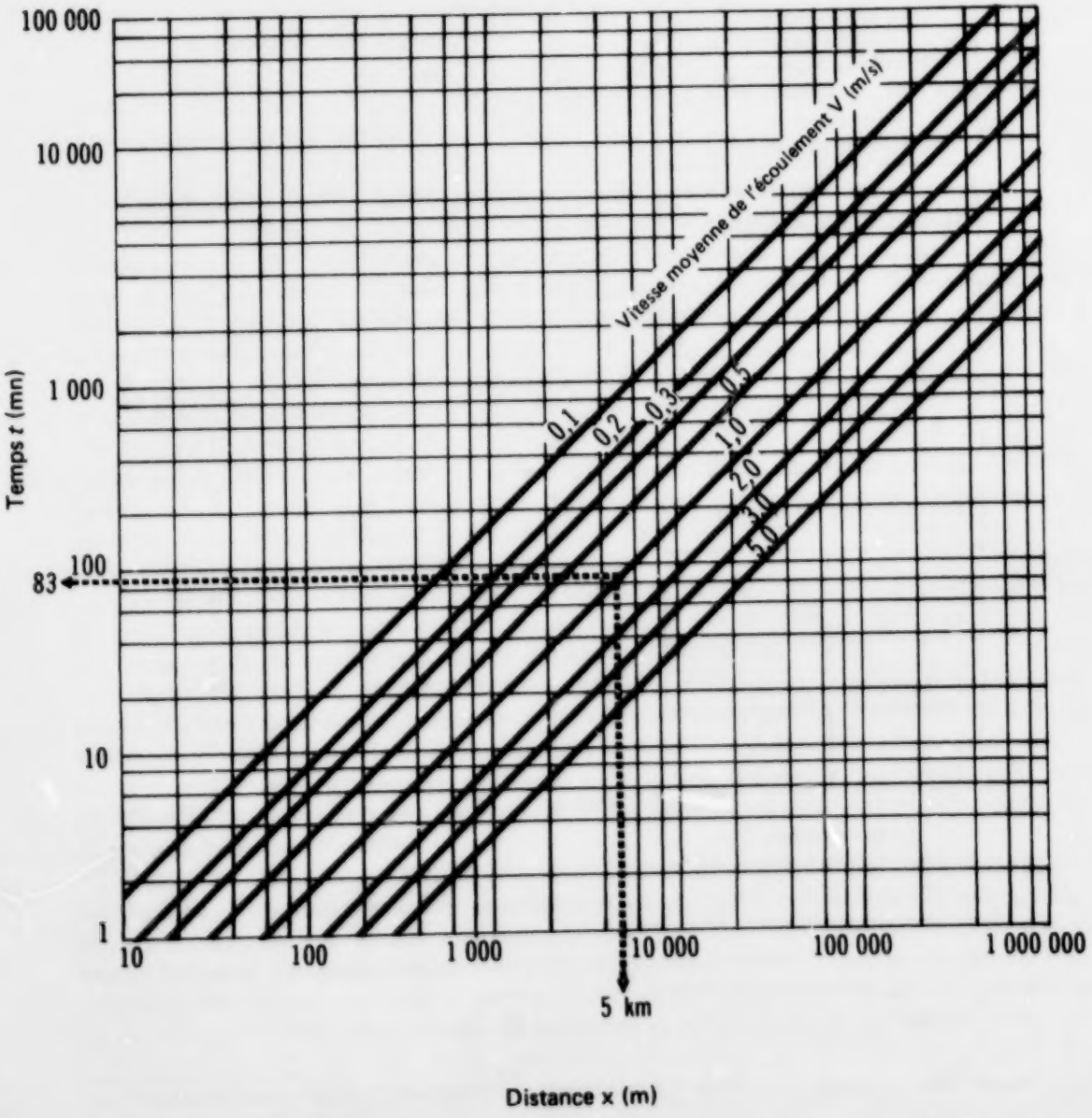


Figure 10

NITRATE D'AMMONIUM

RAYON HYDRAULIQUE EN FONCTION DE LA LARGEUR DU CANAL

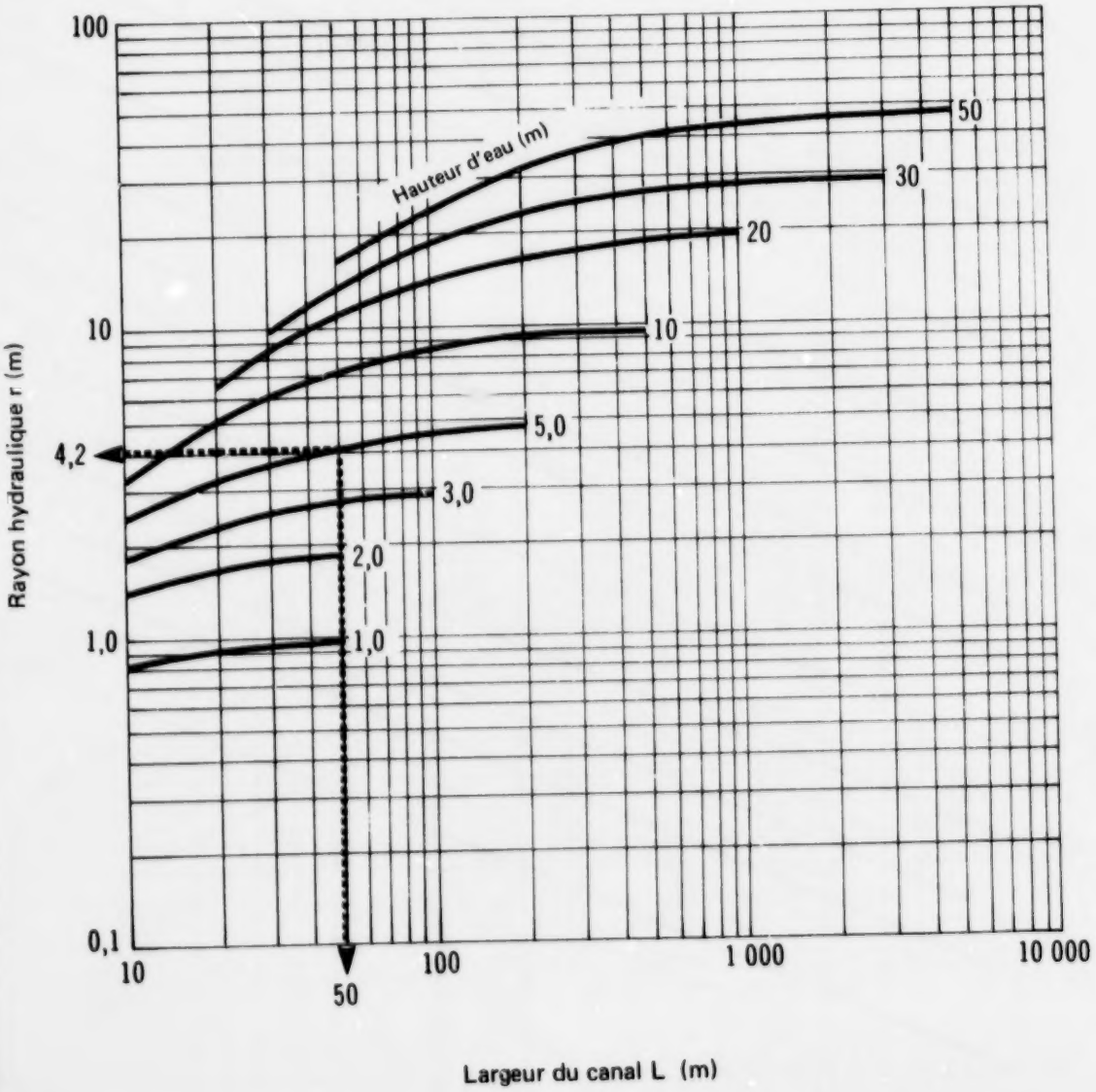


Figure 11

NITRATE D'AMMONIUM

COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

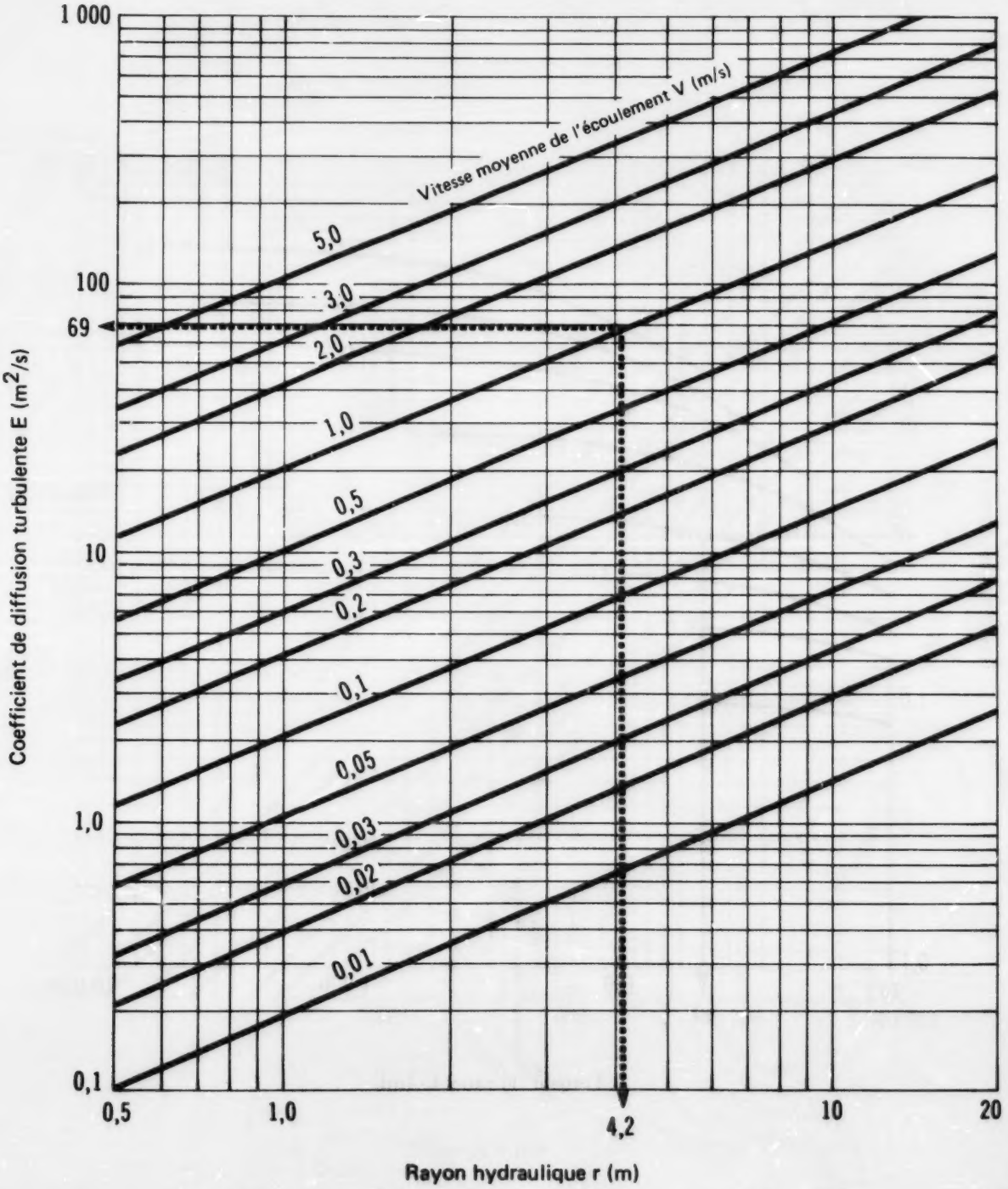


Figure 12

NITRATE D'AMMONIUM

ALPHA EN FONCTION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE

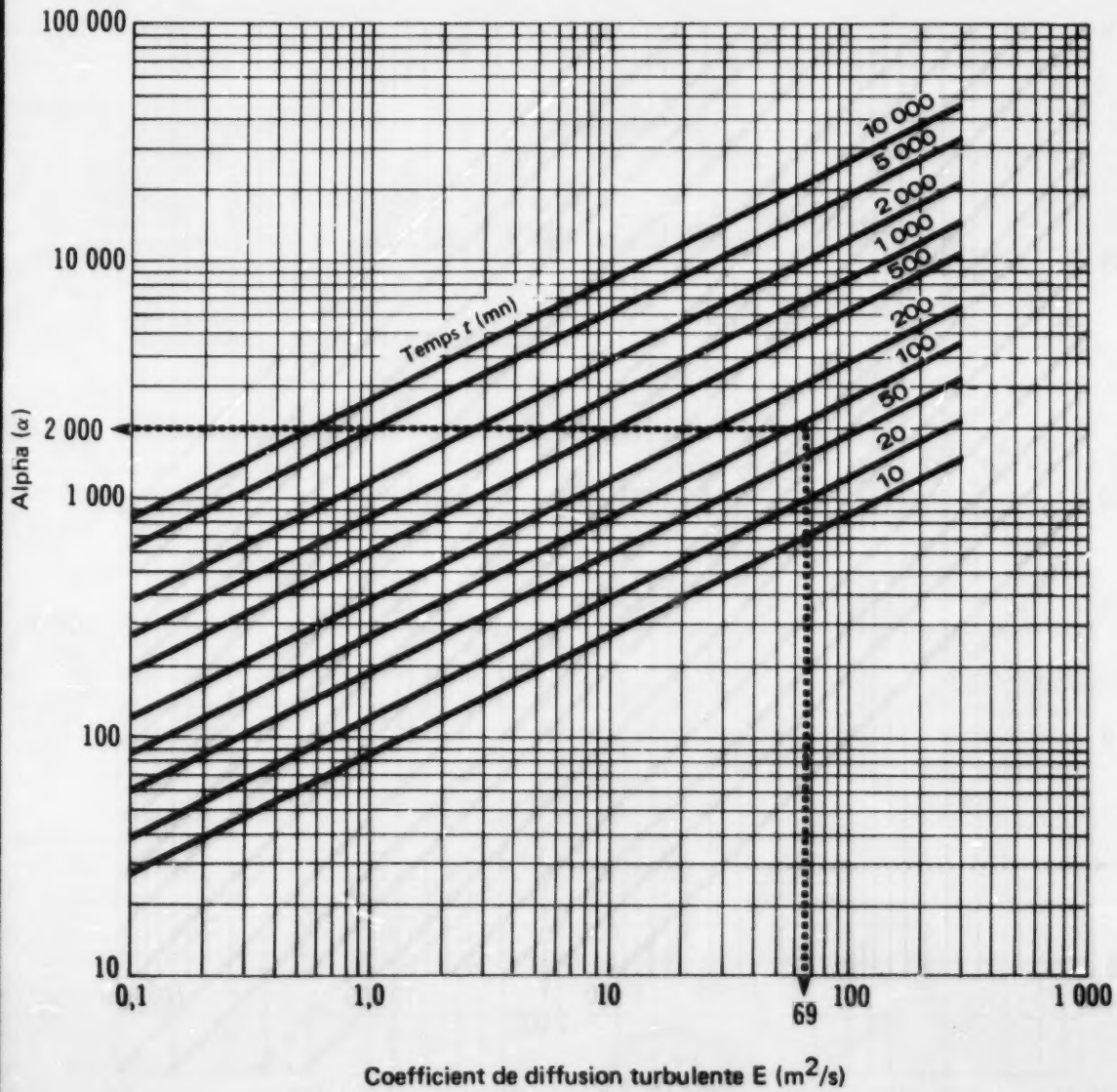


Figure 13

NITRATE D'AMMONIUM — DELTA EN FONCTION DE ALPHA

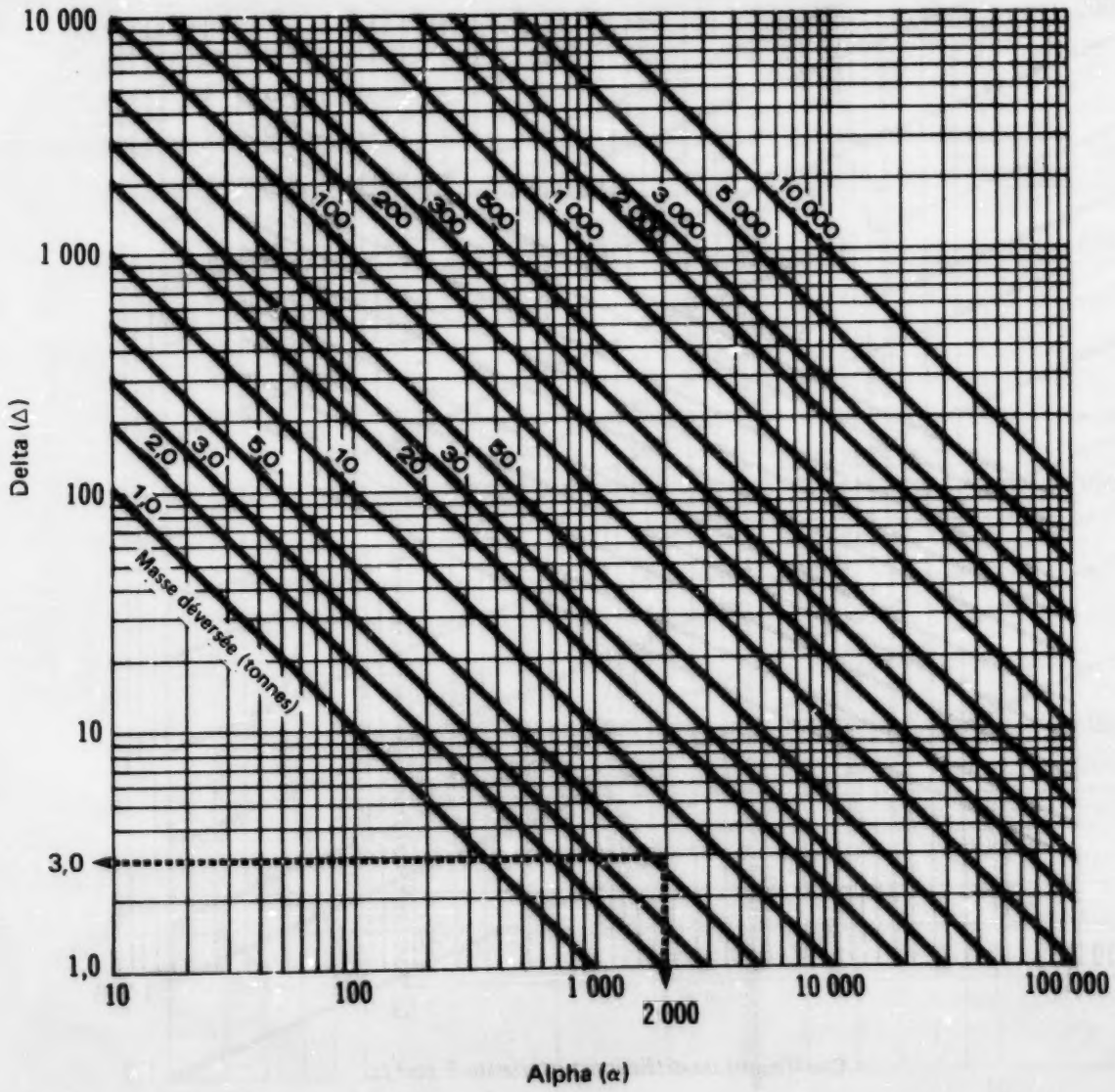
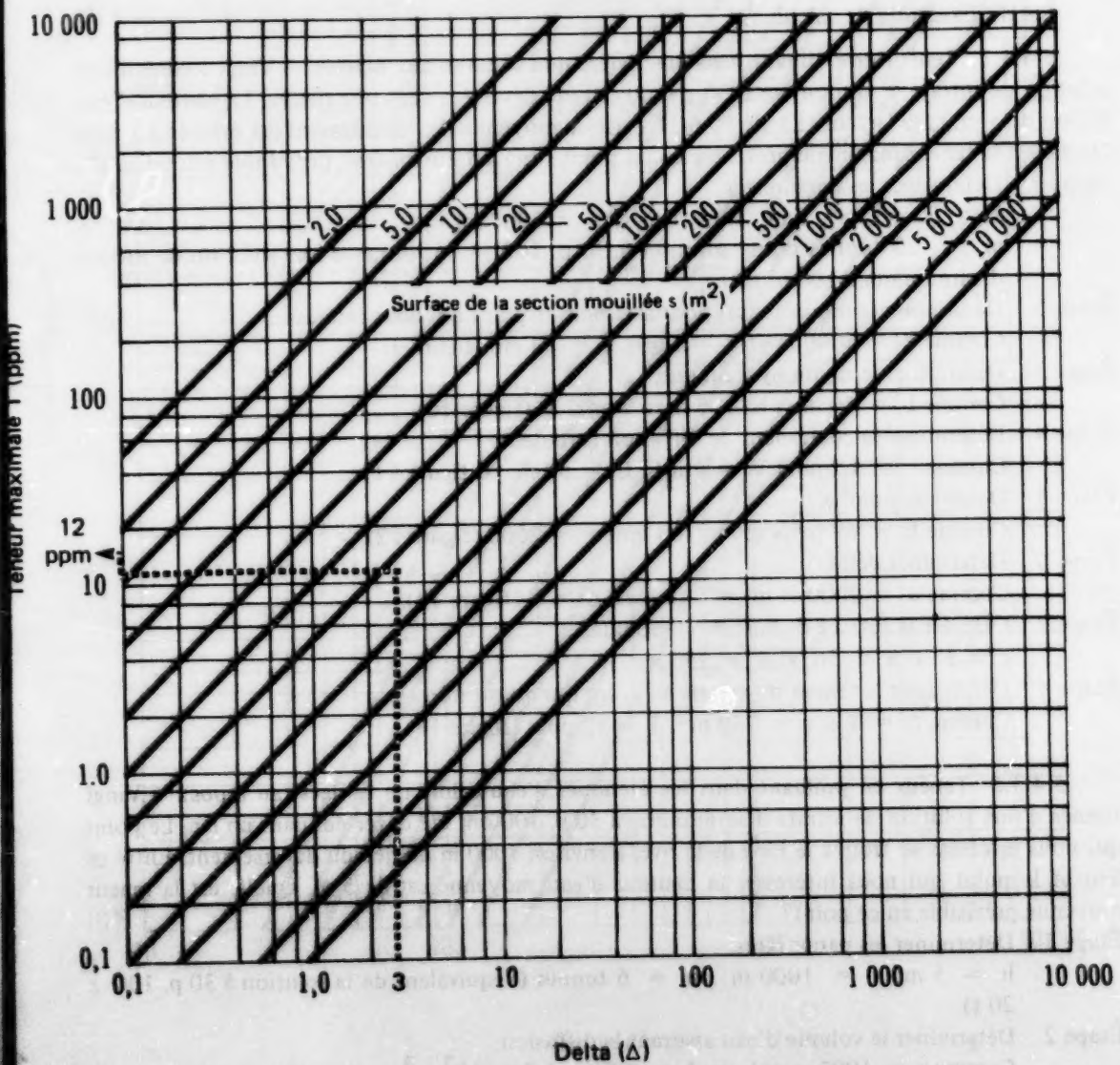


Figure 14

NITRATE D'AMMONIUM — TENEUR MAXIMALE EN FONCTION DE DELTA



5.4.2.2 Diffusion dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)

Figure 15. Volume d'eau en fonction du rayon. – L'étendue d'eau calme (ni vent, ni courant) touchée par le déversement d'un liquide miscible (dans l'eau), de densité équivalente à celle de l'eau, est représentée par un cylindre théorique de rayon (r) et de longueur (h) égale à la hauteur d'eau à l'endroit où le déversement se produit. Le volume d'eau peut être obtenu à l'aide de la figure 15. Le rayon (r) équivaut à la distance (x) entre le lieu du déversement et le point où la teneur est mesurée.

Figure 16. Teneur moyenne en fonction du volume d'eau. – Pour un volume d'eau connu du cylindre théorique, le nomogramme permet d'établir une teneur moyenne en polluant selon la masse du liquide déversé. Il est pris pour acquis que la diffusion du polluant est uniforme dans le cylindre. En pratique, dans le cas de substances dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau, la teneur réelle près du fond sera plus forte ou plus faible.

5.4.3 Exemples de calcul

5.4.3.1 Teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées. – Vingt tonnes d'une solution de nitrate d'ammonium à 30 p. 100 ont été déversées dans une rivière. La hauteur d'eau (h) est de 5 m, et la largeur (L), de 50 m. La vitesse moyenne de l'écoulement est évaluée à 1 m/s. Quelle est la teneur maximale prévisible en un point situé à 5 km en aval, près d'une prise d'eau?

Étape 1 Déterminer les paramètres.
$L = 50$ m; $h = 5$ m; $V = 1$ m/s; $x = 5000$ m;
m = 20 tonnes d'une solution à 30 p. 100 = 6 tonnes d'une solution de nitrate d'ammonium à 100 p. 100.

Étape 2 Déterminer le temps requis pour atteindre le point qui nous intéresse.
Comme $x = 5000$ m et $V = 1$ m/s, t = 83 mn (figure 9).

Étape 3 Déterminer le rayon hydraulique.
Comme $L = 50$ m et $h = 5$ m, $r = 4{,}2$ m (figure 10).

Étape 4 Déterminer le coefficient de diffusion turbulente.
Comme $r = 4{,}2$ m et $V = 1$ m/s, $E = 69$ m^2/s (figure 11).

Étape 5 Déterminer alpha.
Comme $E = 69$ m^2/s et t = 83 mn, $\alpha = 2000$ (figure 12).

Étape 6 Déterminer delta.
Comme $\alpha = 2000$ et $m = 6$ tonnes, $\Delta = 3$ (figure 13).

Étape 7 Calculer la surface de la section mouillée.
$s = L \times h = 50 \times 5 = 250$ m^2.

Étape 8 Déterminer la teneur maximale au point qui nous intéresse.
Comme $\Delta = 3$ et $s = 250$ m^2, $T = 12$ ppm (figure 14).

5.4.3.2 Teneur en polluant dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos). – Vingt tonnes d'une solution de nitrate d'ammonium à 30 p. 100 ont été déversées dans un lac. Le point qui nous intéresse se trouve le long de la rive, à environ 1000 m du lieu du déversement. Entre ce lieu et le point qui nous intéresse, la hauteur d'eau moyenne est de 5 m. Quelle est la teneur moyenne prévisible en ce point?

Étape 1 Déterminer les paramètres.
$h = 5$ m; $r = 1000$ m; $m = 6$ tonnes (l'équivalent de la solution à 30 p. 100 x 20 t).

Étape 2 Déterminer le volume d'eau assurant la diffusion.
Comme $r = 1000$ m et $h = 5$ m, vol. $= 1{,}5 \times 10^7$ m^3 environ (figure 15).

Figure 15

NITRATE D'AMMONIUM — **VOLUME D'EAU EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE**

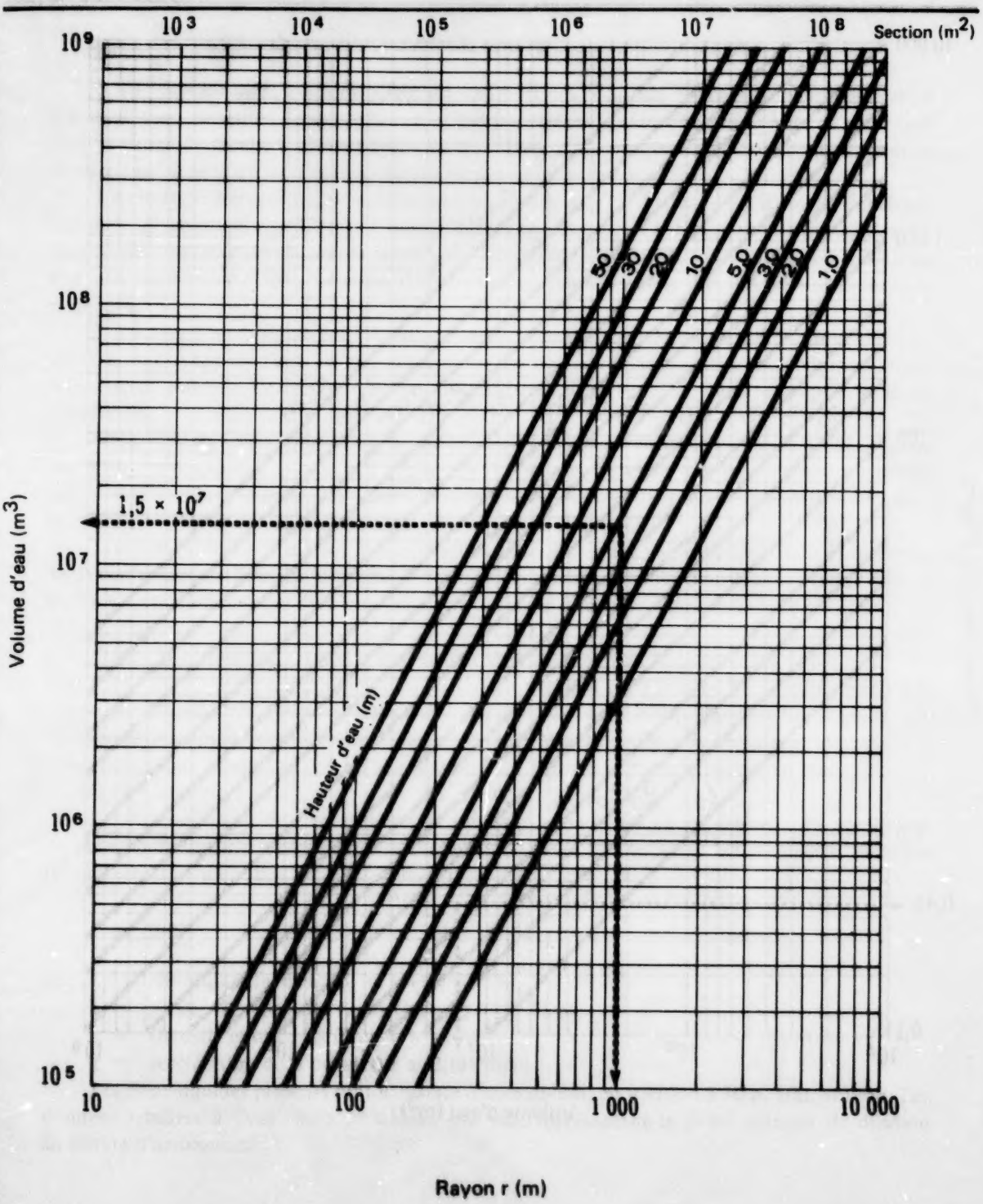
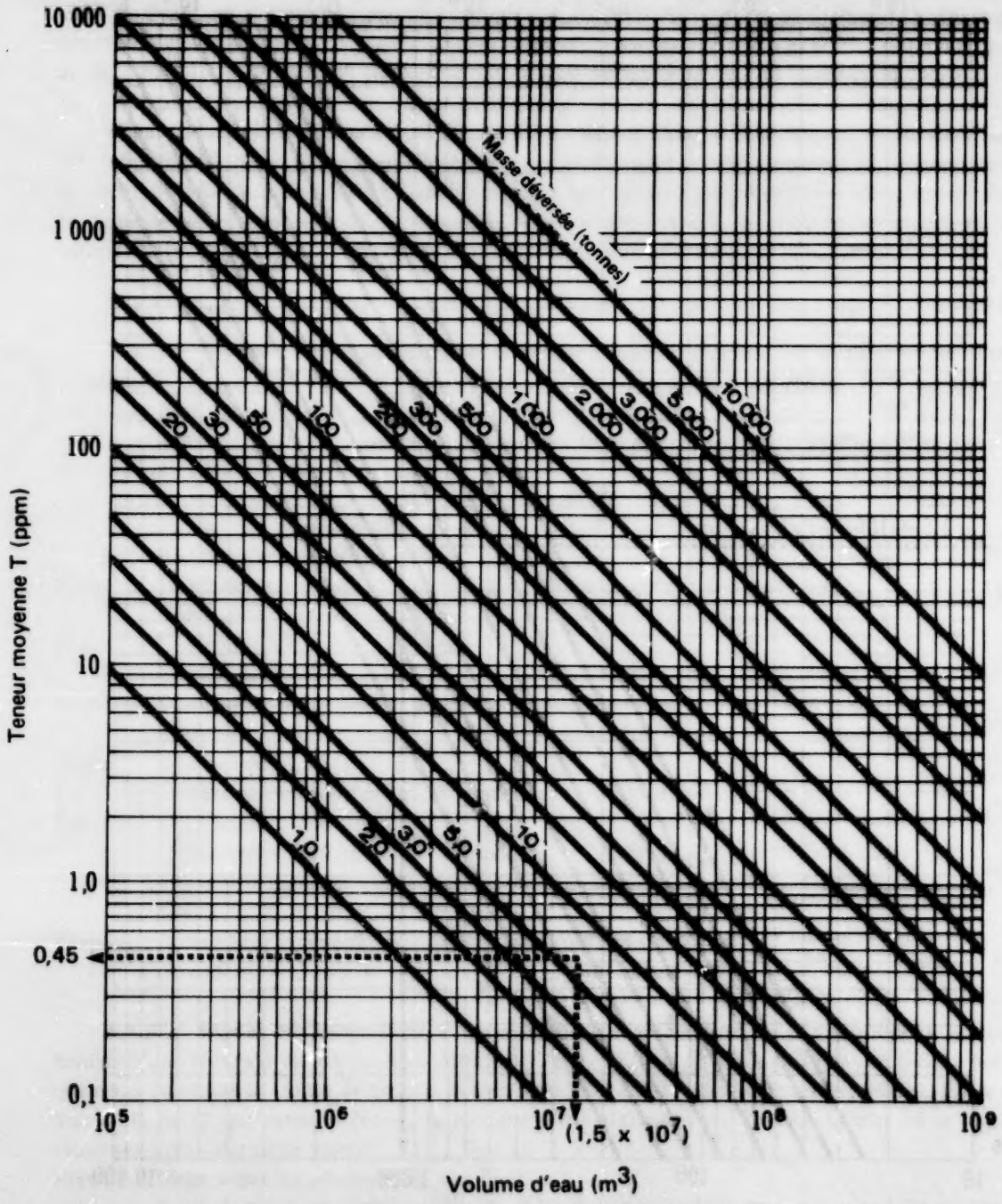


Figure 16

NITRATE D'AMMONIUM — TENEUR MOYENNE EN FONCTION DU VOLUME D'EAU



Étape 3 Déterminer la teneur moyenne.
Comme vol. = 1,5 x 10^7 m^3 et m = 10 tonnes, T = 0,45 ppm (figure 16).

5.5 Comportement dans le sous-sol: pénétration dans le sol

5.5.1 Mécanismes. – Les principes du transport des polluants dans le sol et leur application à la migration du nitrate d'ammonium sont présentés dans le *Manuel d'introduction* de la collection Enviroguide. Seuls, certains aspects du déversement du nitrate d'ammonium sur le sol et de sa migration dans le sol sont présentés dans les paragraphes qui suivent.

Le nitrate d'ammonium est habituellement transporté et entreposé à l'état solide. Par conséquent, le déversement accidentel de nitrate d'ammonium à l'état solide, à part le risque d'explosion, ne représente pas une source importante de pollution des eaux souterraines, à la condition que le sol soit sec et que le nettoyage de l'aire polluée par le déversement soit terminé avant qu'il ne pleuve.

Le nitrate d'ammonium est très soluble dans l'eau (187 g/100 ml à 20 °C). Ainsi, s'il pleut avant le nettoyage de l'aire polluée ou si on utilise de l'eau pour disperser le produit chimique renversé, la solution de NH_4NO_3 obtenue s'infiltrera dans le sol et migrera jusqu'à la nappe phréatique.

On a supposé, dans le cas présent, que les sols avaient une teneur en eau égale à leur capacité au champ (ou capacité normale d'humidité). Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle susceptible de diluer le produit au cours de sa migration ou de freiner son mouvement descendant, situation qui correspond au pire scénario.

Lorsque le polluant atteint la nappe phréatique, il continue sa migration dans la direction de l'écoulement de l'eau de la nappe. Il formera une poche de pollution dont la teneur sera en quelque sorte diminuée par les phénomènes de diffusion et de dispersion (voir la figure 17).

5.5.2 Migration du nitrate d'ammonium dans la zone non saturée. – Les équations et les postulats, utilisés pour déterminer la migration du polluant dans la zone non saturée jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le *Manuel d'introduction* de la collection Enviroguide. Les vitesses de migration sont établies à partir de la loi de Darcy, en posant comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc.

5.5.3 Coefficient de perméabilité du nitrate d'ammonium en sol saturé. – Le coefficient de perméabilité, qui correspond au coefficient k de la loi de Darcy, est un paramètre mesurant la perméabilité d'un milieu continu, en m/s. Il est défini par:

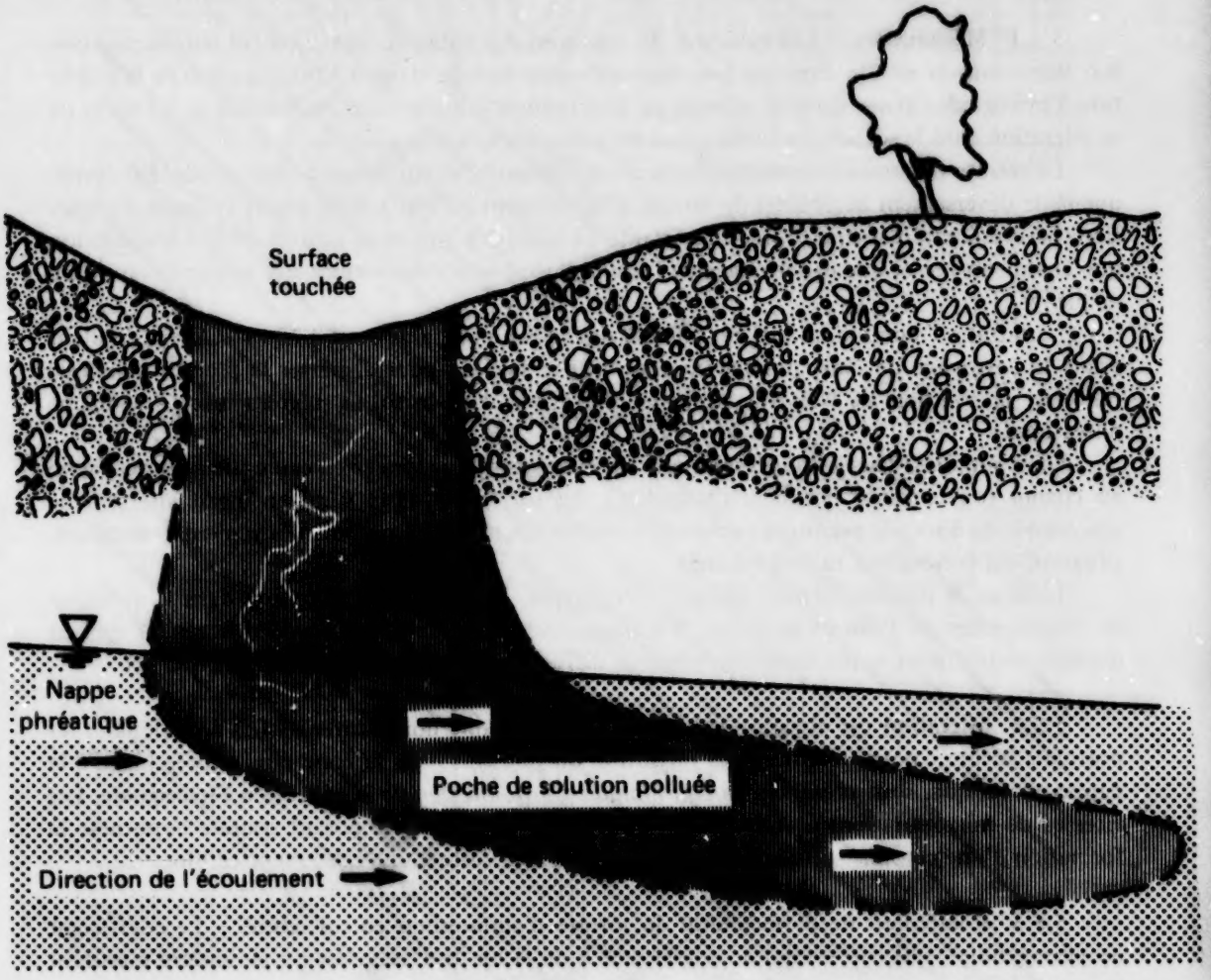
$$k = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

où : k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)
ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)
μ = viscosité absolue du fluide (Pa · s)
g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

Les deux liquides présents sont le nitrate d'ammonium, en solution à 30 p. 100, et l'eau. Les données relatives à l'eau, dans le tableau qui suit, représentent le point extrême de dilution au nitrate d'ammonium.

Figure 17

NITRATE D'AMMONIUM — MIGRATION DANS LE SOL



Sol: sable grossier
Porosité = 0,35, Perméabilité intrinsèque = 10^{-9} m^2, Capacité au champ = 0,075

Propriété	$(NH_4)_2 HPO_4$, 30 %		Eau
	20 °C	4 °C	20 °C
Masse volumique ρ (kg/m^3)	1,128	1,132	998
Viscosité absolue μ (Pa · s)	2,8 x 10^{-3}	4,5 x 10^{-3}	1,0 x 10^{-3}
Coefficient de perméabilité k (m/s)	(0,39 x 10^7)k	(0,25 x 10^7)k	(0,98 x 10^7)k

5.5.4 Types de sol. – Le *Manuel d'introduction* de la collection Enviroguide décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-dessous indique les propriétés qui nous intéressent.

Propriété	Types de sol		
	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45

5.5.5 Nomogrammes de migration. – Un nomogramme de migration du nitrate d'ammonium dans la zone non saturée (au-dessus de la surface de saturation) a été préparé pour chacun des trois types de sol choisis. La profondeur atteinte par le polluant est donnée en fonction du temps de migration. Vu les méthodes utilisées et les hypothèses posées, la profondeur atteinte par le polluant doit être considérée comme maximale pour le temps donné. La figure 18 indique la marche à suivre dans l'utilisation des nomogrammes (fig. 19, 20 et 21). La droite représentant la profondeur atteinte par l'eau correspond à la profondeur maximale d'infiltration de l'eau à une température de 20 °C, pour un temps donné. Elle correspond donc à la profondeur maximale de migration du polluant dilué à l'extrême au contact de l'eau.

5.5.6 Exemple de calcul. – Vingt tonnes de nitrate d'ammonium à l'état solide ont été déversées sur un sol constitué de sable limoneux. Le rayon de la surface polluée est de 8,6 m. La température est de 20 °C. Il se met à pleuvoir au moment du nettoyage. Calculer la profondeur atteinte par le polluant, 10 jours après le déversement.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.

Masse déversée = 20 000 kg (20 tonnes métriques)
Température = 20 °C
Rayon de la surface polluée = 8,6 m
Type de sol = sable limoneux
Profondeur de la surface de saturation = 13 m
Temps écoulé depuis le moment du déversement = 10 j

Étape 2 Calculer la surface de sol pollué.

Surface = πr^2 = 232 m^2

Figure 18

NITRATE D'AMMONIUM — PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES

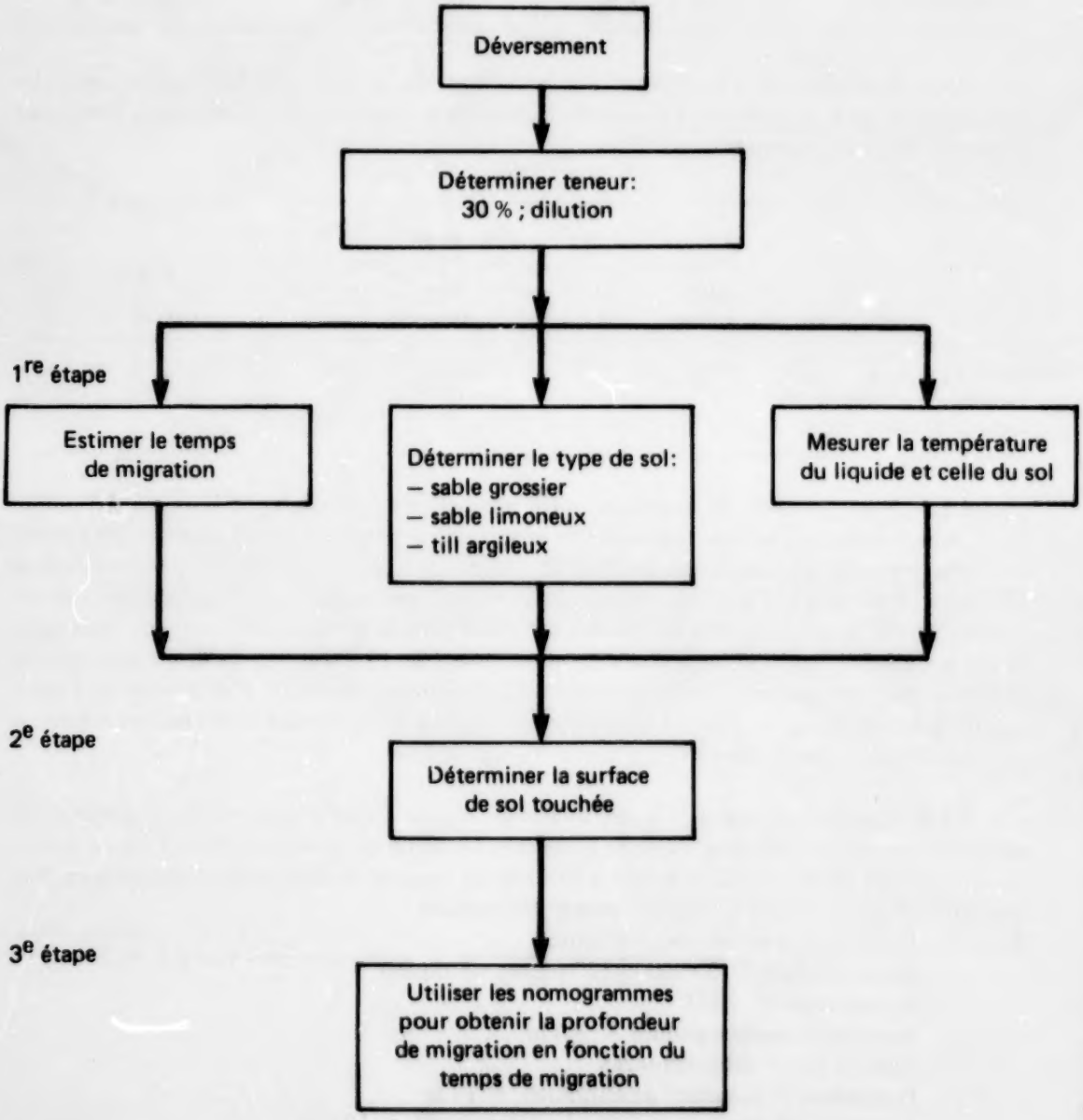


Figure 19

NITRATE D'AMMONIUM — MIGRATION DANS DU SABLE GROSSIER

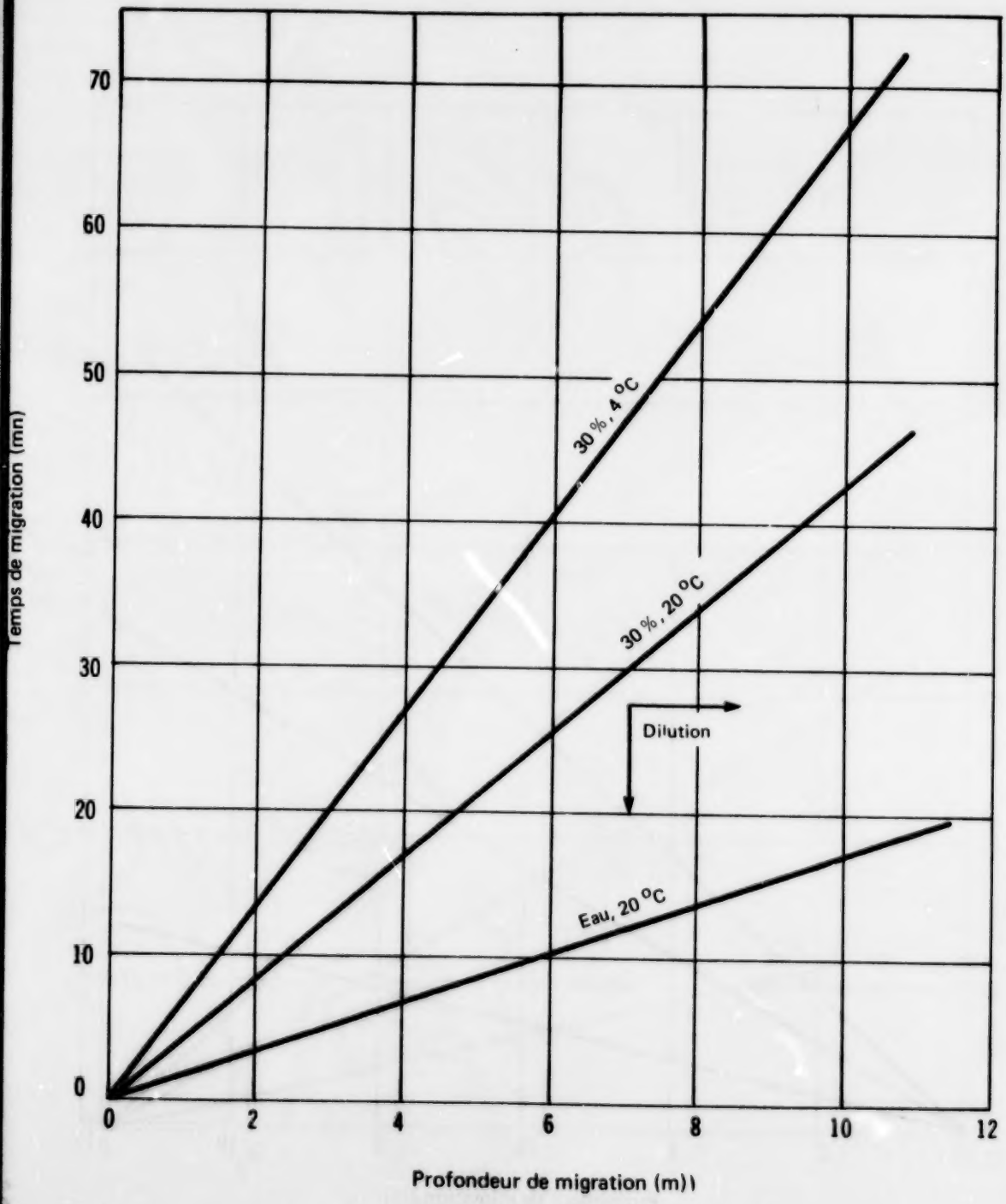


Figure 20

NITRATE D'AMMONIUM — MIGRATION DANS DU SABLE LIMONEUX

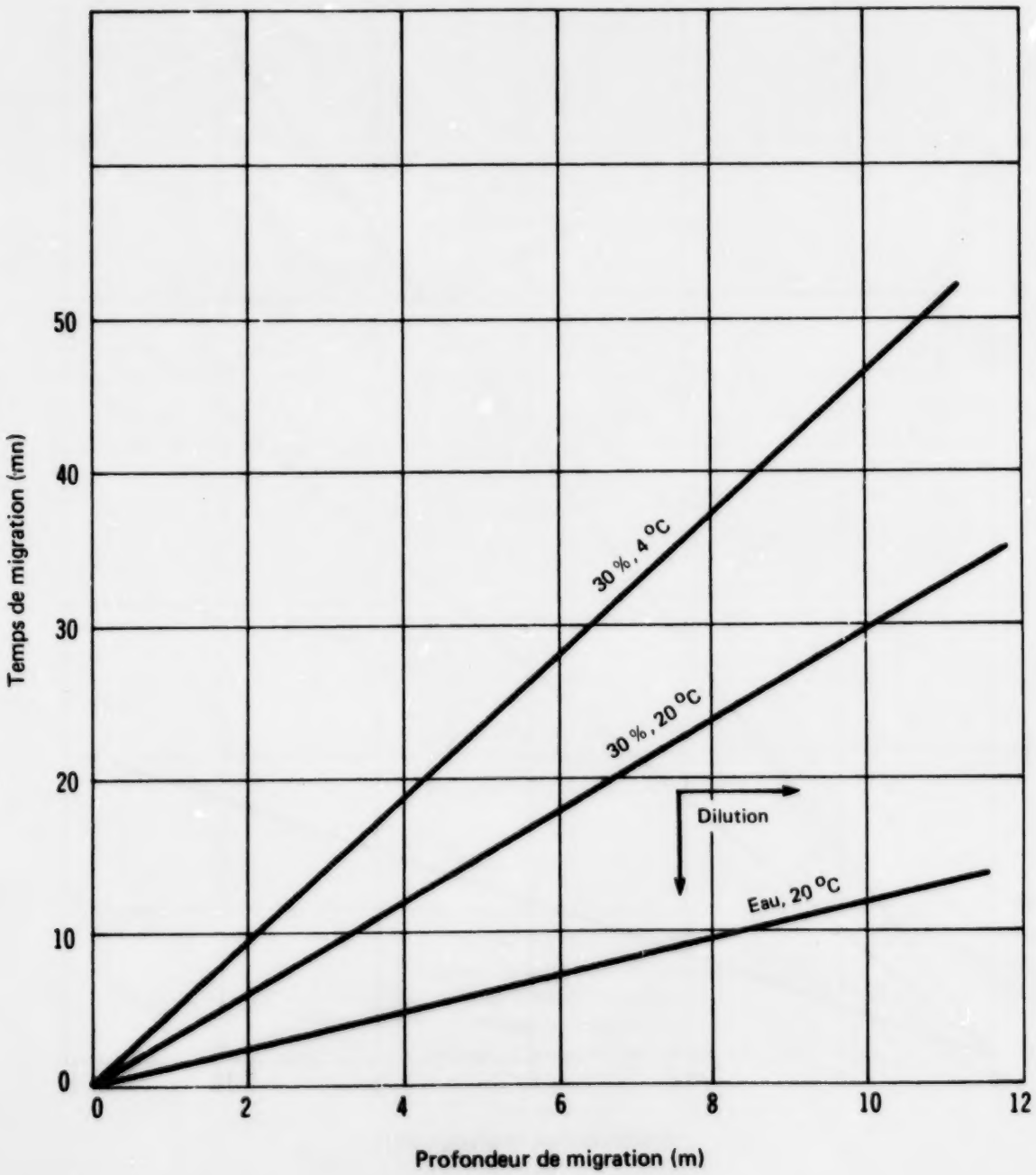
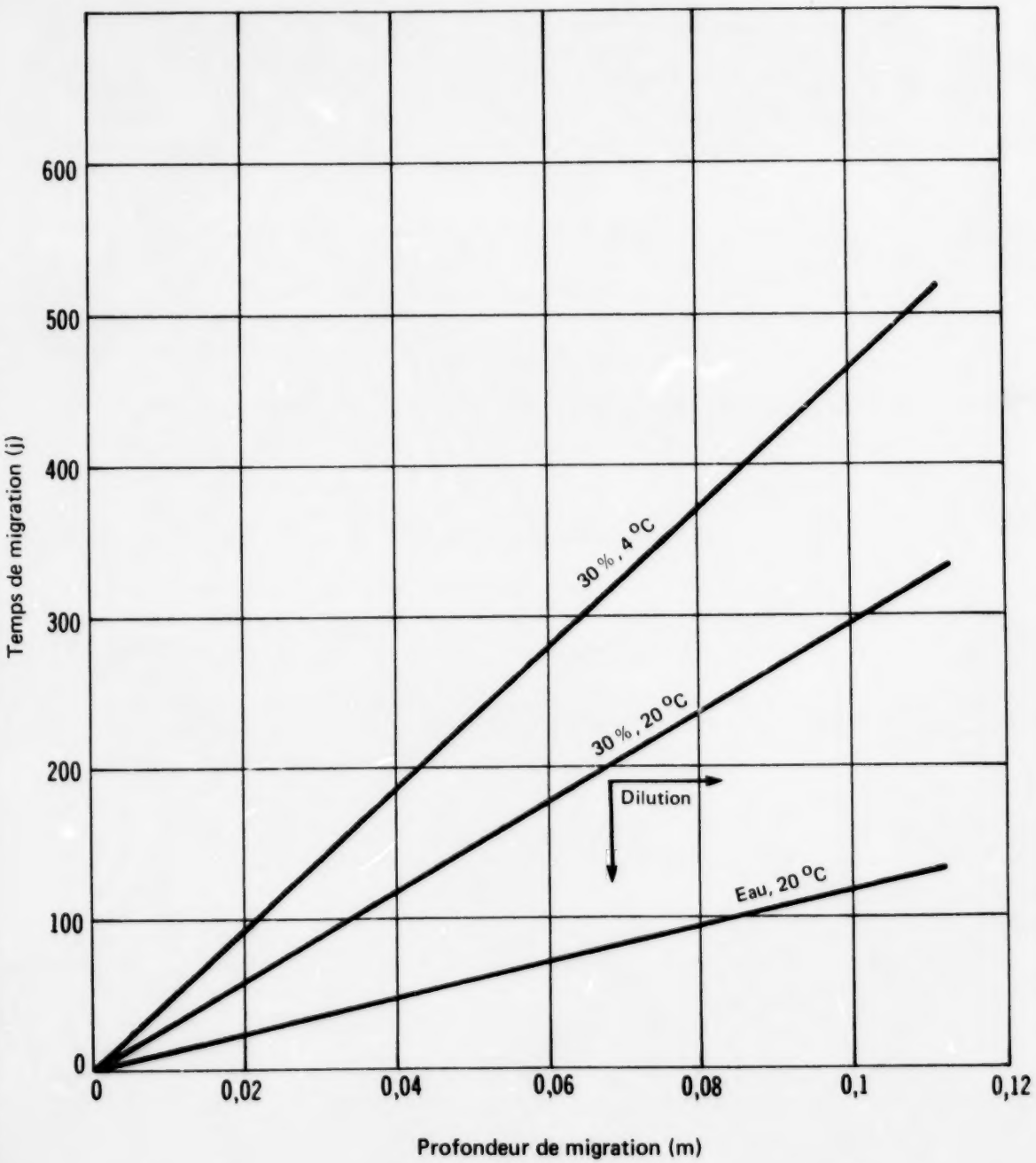


Figure 21

NITRATE D'AMMONIUM — MIGRATION DANS DU TILL ARGILEUX



Étape 3 Évaluer la profondeur atteinte par le polluant après 10 jours.

Dans le cas du sable limoneux, après 10 j, la profondeur atteinte est de 3,4 m pour une solution à 30 p. 100 et de 8,4 m lorsque le produit a été dilué (pire scénario) (voir figure 20). Le niveau hydrostatique n'a pas été atteint.

6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales permises

6.1.1 Qualité de l'eau

6.1.1.1 Situation au Canada. – Au Canada, on a proposé, dans des lignes directrices, de fixer la teneur limite maximale en azote nitrique à 10 mg par litre d'eau potable (Guidelines/Canadian/Water, 1978; Water Management Goals, 1978). La limite recommandée pour de l'ammoniac non ionisé est de 0,02 mg/l, ce qui correspond en gros à une teneur en ammoniac de 0,5 mg/l dans le cas d'une eau dont le pH est de 7, à 20 °C, ou à une teneur de 0,5 mg/l dans le cas d'une eau dont le pH s'élève à 8, ou à une teneur de 0,07 mg/l dans le cas d'une eau dont le pH atteint 9 (Water Management Goals, 1978). Pour l'eau destinée au bétail, on a suggéré une teneur limite en azote nitrique de 100 mg/l (Guidelines/Canadian/Water, 1978).

6.1.1.2 Situation ailleurs dans le monde. – Aux États-Unis, la norme actuelle est de 10 mg d'azote nitrique par litre d'eau potable (QCFW, 1974). Toutefois, l'objectif poursuivi est de 5 mg/l (OHMS-TADS, 1981; O.I., 1970). L'Organisation mondiale de la santé recommandait, il y a quelques années, une teneur de 30 mg/l, la Suède, 30 mg/l, et la France, 40 mg/l (Jorgenson, 1979).

6.1.2 Qualité de l'air. – Aucun règlement ne fixe de teneur limite en poussières de nitrate d'ammonium pour l'atmosphère. Ce produit n'est pas volatil, et l'émission de vapeurs est peu probable (OHM-TADS, 1981).

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Évaluation de la toxicité aux États-Unis. – La tolérance moyenne pour 96 heures (TLm 96) au nitrate d'ammonium correspond à des teneurs variant entre 10 mg/l et 100 mg/l (RTECS, 1979).

6.2.2 Mesures de la toxicité

6.2.2.1 Toxicité en eau douce

Données sur la toxicité

Teneur en nitrate d'ammonium (mg/l)	Durée	Espèce	Résultat	Caractéristiques du milieu	Source
A. – Poissons					
800	3,9 h	Crapet arlequin	Létal	Eau du robinet	WQC, 1963
800	384 h	Crapet arlequin	Létal	Eau distillée	OHM-TADS, 1981

Teneur en nitrate d'ammonium (mg/l)	Durée	Espèce	Résultat	Caractéristiques du milieu	Source
454	90 h	Poisson doré	Létal	Eau distillée	WQC, 1963
0,5 ppm en NH_3 non ionisé	Non spécifiée	Toute espèce	Seuil létal		DPIMR, 1982
3,4 (en sel ammoniacal)	96 h	Crapet arlequin	TL 50	Test statique	WQC, 1971
1310 (en nitrate)	96 h	Saumon chinook	TL 50	Eau douce	QCFW, 1976
1080 (en nitrate)	7 j	Saumon chinook	TL 50	Eau douce	QCFW, 1976
1360 (en nitrate)	96 h	Truite arc-en-ciel	TL 50		QCFW, 1976
1060 (en nitrate)	7 j	Truite arc-en-ciel	TL 50		QCFW, 1976
2000 (en nitrate dans le sodium)	96 h	Crapet arlequin	TL 50		QCFW, 1976
420 (en nitrate dans le potassium)	96 h	Crapet arlequin	TL 50		QCFW, 1976
400 (en nitrate)	Non spécifée	Achigan à grande bouche, ictalure tacheté	Sans effet		QCFW, 1976
1,6 (en nitrate)	24 h	Alevins de truite arc-en-ciel	TL 50		QCFW, 1976
2030 (en nitrate)	1,5 h	Vairons (*Phoxinus* Laevis)	TL 50		QCFW, 1976
1,6 (en nitrate)	24 h	Gambusie	TL 50		QCFW, 1976
1,5 (en nitrate)	48 h	Gambusie	TL 50		QCFW, 1976
0,19 à 37 (en nitrate)	96 h	4 grosseurs de truites arc-en-ciel	TL 50	Eau dure, pH jusqu'à 9	QCFW, 1976
0,14 à 0,15 (en nitrate)	8 j	Truite arc-en-ciel de 12 g	TL 50	Circulation d'eau dure	QCFW, 1976
B. – Plantes aquatiques					
13,2 à 15,9 (en NH_4)	Non spécifiée	Myriophylle verticillé	TI 50, longueur de la tige		Stanley, 1974
16,2 (en NH_4)	Non spécifiée	Myriophylle verticillé	Altération de la longueur des racines		OHM-TADS, 1981

6.2.2.2 Toxicité en eau salée

Données sur la toxicité

Teneur en nitrate d'ammonium (mg/l)	Durée	Espèce	Résultat	Caractéristiques du milieu	Source
Poissons					
990 (en nitrate)	96 h	Saumon chinook	TL 50	Salinité de 15 p. 100	QCFW, 1976
900 (en nitrate)	7 j	Saumon chinook	TL 50	Salinité de 15 p. 100	QCFW, 1976

6.3 Toxicité pour d'autres espèces vivantes

6.3.1 Toxicité pour le bétail

Données sur la toxicité

Teneur en nitrate d'ammonium (mg/l)	Espèce	Résultat	Source
2000	Mouton	Une seule dose orale a entraîné la mort après 12 h à 17 j	Clarke, 1975
500	Mouton	Une dose orale répétée pendant 10 j n'a pas eu d'effet visible	Clarke, 1975

Les engrais contenant du nitrate d'ammonium peuvent être cause de maladie chez la volaille (Clarke, 1975). Une teneur plafond en nitrate d'ammonium de 400 mg/l a été suggérée pour le bétail (Todd, 1970).

6.3.2 Toxicité pour les végétaux

Données sur la toxicité

Teneur en nitrate d'ammonium (mg/l)	Durée	Espèce	Résultat	Caractéristiques du milieu	Source
15	40 h	Moisissures (*Aspergillus niger*)	DL 50	36 °C	Nowasielski, 1971

6.4 Études sur les effets toxiques

Le pH et la dureté de l'eau sont deux facteurs importants dans l'analyse de la pollution de l'eau. Un déversement accidentel de nitrate d'ammonium en eaux dormantes peut causer une prolifération des algues (OHM-TADS, 1981). Des études ont permis de conclure que les poissons d'eau chaude peuvent tolérer, sans effet apparent, des teneurs en nitrate d'ammonium inférieures à 90 mg/l et une teneur de 5 mg/l (en nitrate). On a également constaté que les poissons d'eau salée avaient une moins grande tolérance au nitrate d'ammonium, et, par conséquent, la teneur limite pour les salmonidés a été fixée à 0,06 mg/l (QCFW, 1976).

6.5 Dégradation du polluant

Le nitrate d'ammonium est absorbé par les bactéries. Les ions nitrates sont plus persistants dans l'eau que les ions ammonium; la dégradation du nitrate est plus rapide dans des conditions anaérobies (OHM-TADS, 1981).

6.6 Devenir et effets à long terme

Le nitrate d'ammonium est une substance nutritive, et tout déversement peut modifier l'équilibre des espèces sur une échelle locale. Il n'y a pas de risque de bio-accumulation ou de contamination de la chaîne alimentaire.

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

Les publications spécialisées font peu état des effets toxiques, chez l'homme et l'animal, d'une exposition au nitrate d'ammonium. Toutefois, on a rapporté des cas de maladie et de décès de nourrissons à la suite de l'ingestion d'eau potable dont la teneur en nitrate était élevée (QCFW, 1976). Jusqu'à maintenant, il n'existe aucune information sur les effets possibles du nitrate d'ammonium sur la reproduction, sur son pouvoir mutagène ou sur son pouvoir cancérogène. Le nitrate d'ammonium est un solide non volatil, ce qui limite les modes d'exposition.

Le nitrate d'ammonium est répertorié dans l'inventaire des substances toxiques de l'EPA (TSCA). Les données toxicologiques qui suivent sont extraites de sources dignes de confiance et sont représentatives des valeurs publiées dans différents rapports. Lorsqu'on l'a jugé nécessaire, l'interprétation des données relatives à l'homme a été étayée par des données sur l'exposition de courte durée, recueillies pour des espèces mammifères animales.

7.1 Normes d'exposition recommandées

Il n'est mentionné nulle part sur quelle base les normes d'exposition au nitrate d'ammonium ont été établies. Les normes qui suivent sont provisoires et ne s'appliquent qu'aux poussières de nitrate d'ammonium. Les directives des provinces, au Canada, sont généralement semblables à celles qui sont élaborées par l'ACGIH aux États-Unis.

Directive (temps)	Origine	Teneur recommandée	Référence
	Teneur pondérée en fonction du temps		
Particules nuisibles (respirables)	ACGIH	5 mg/m^3	TLV, 1983
Limite provisoire	EPA (suggestion)	0,05 mg/m^3	GE, 1981
	Teneur admissible pour des expositions de courte durée		
Aucune donnée			
	Autres aspects de la toxicité pour l'homme		
Limite d'exposition en cas d'un contact avec le corps de courte durée		1 ppm (dans l'eau)	AAR, 1981

7.2 Données sur les propriétés irritantes

7.2.1 Contact avec la peau. – Le nitrate d'ammonium est irritant pour la peau et peut causer des brûlures (AAR, 1981). Les travaux publiés sur le nitrate d'ammonium ne décrivent pas les effets sur la peau de niveaux précis d'exposition.

7.2.2 Contact avec les yeux. – Le nitrate d'ammonium peut provoquer des irritations et causer des brûlures (AAR, 1981). Il n'existe aucune information sur les effets de niveaux précis d'exposition sur les yeux (AAR, 1981).

7.3 Seuil de perception des caractères organoleptiques

7.3.1 Odeur. – Le nitrate d'ammonium est inodore.

7.3.2 Goût. – Aucune donnée.

7.4 Études à long terme

7.4.1 Ingestion

Dose (teneur et durée)	Effets	Référence
	Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
105 mg/l (en nitrate) dans l'eau potable à raison de < 3,7 mg/kg/j	Réflexes ralentis chez les enfants, répercussions possibles sur le système nerveux central	WQCB, 1971
> 100 mg/l (en ions nitrates) dans l'eau potable	Méthémoglobinémie alimentaire	WQCB, 1971
> 50 mg/l (en ions nitrates) dans l'eau potable	Méthémoglobinémie entraînant une hypoxie chez les nourrissons, les enfants et les adultes	WQCB, 1971
> 45 mg/l (en ions nitrates) dans l'eau potable	Méthémoglobinémie chez les nourrissons. En trois ans, il y a eu 139 cas d'empoisonnement au nitrate, dont 14 morts	WQCB, 1971
• CHEZ LE RAT		
4500 mg/kg	DL 50	AAR, 1981
• CHEZ LE CHIEN		
22,13 mg/l à 110,17 mg/l (en nitrate) dans l'eau potable à raison de 1,0 mg/kg/j à 5,1 mg/kg/j	Méthémoglobinémie observée chez la moitié des sujets	WQCB, 1971

7.5 Symptômes d'intoxication

Aucune référence n'a été donnée pour les symptômes de nature courante, mentionnés dans la plupart des documents consultés. Seuls les symptômes ou les troubles de nature particulière ou inhabituelle sont suivis de la référence appropriée.

7.5.1 Inhalation de poussières

1. Irritation des muqueuses et des voies respiratoires.
2. Miction et urine acide (CHRIS, 1978).
3. Forte congestion des poumons, toux et difficultés respiratoires (AAR, 1981).
4. L'inhalation d'une grande quantité de poussières de nitrate d'ammonium cause une acidose générale et une hémoglobine anormale (CHRIS, 1978).

7.5.2 Ingestion

1. Nausées et vomissements (TDB (on-line), 1981).
2. Diarrhée (TDB (on-line), 1981).
3. Hypertension.
4. Miction et urine acide (AAR, 1981).
5. Une dose importante peut causer une acidose générale et une hémoglobine anormale (CHRIS, 1978).
6. Méthémoglobinémie (QCFW, 1976; WQCB, 1971).

7.5.3 Contact avec la peau

1. Irritation (CHRIS, 1978).
2. Brûlures (AAR, 1981).

7.6 Toxicité des produits de décomposition ou de combustion pour l'homme

Le nitrate d'ammonium sert à la fabrication d'explosifs. Il peut exploser sous l'effet de la chaleur s'il est placé sous un fort confinement qui permet à la pression de monter rapidement ou s'il est soumis à des chocs violents (Strehlow, 1981). Il explose plus facilement s'il a été contaminé par des matières organiques. Les produits de sa combustion incluent l'oxyde d'azote, l'oxyde nitrique et le dioxyde d'azote (Kirk-Othmer, 1980).

7.6.1 Oxyde nitrique et dioxyde d'azote. – L'oxyde nitrique est un gaz incolore qui dégage une odeur sucrée prononcée (NIOSH Guide, 1978). L'oxyde nitrique est rapidement oxydé dans l'atmosphère en dioxyde d'azote, et ce dernier gaz est par conséquent toujours présent quand il y a de l'oxyde nitrique dans l'atmosphère. À des teneurs inférieures à 50 ppm, l'oxyde nitrique s'oxyde plus lentement, et il arrive souvent qu'une grande quantité d'oxyde nitrique ne soit accompagnée que d'une quantité négligeable de dioxyde d'azote. L'effet le plus grave observé d'une exposition à l'oxyde nitrique est une méthémoglobine et ses répercussions sur le système nerveux central. D'après les études publiées sur le mécanisme d'intoxication par l'oxyde nitrique, il faut prévoir des effets toxiques additifs lorsqu'il est mélangé à l'oxyde de carbone ou au dioxyde d'azote (Doc. TLV, 1981). La TLV® pour l'oxyde nitrique est de 25 ppm (pondérée en fonction de 8 h), et la STEL, de 35 ppm (TLV, 1983).

Le point d'ébullition du dioxyde d'azote est 21 °C; au-dessus de ce degré, le dioxyde d'azote est un gaz brun rougeâtre. On a rapporté plusieurs cas de décès à la suite d'un oedème pulmonaire causé par l'inhalation de gaz à forte teneur en dioxyde d'azote. On a observé qu'une exposition chronique au NO_2 a des répercussions sur les poumons et peut se traduire par une bronchite, de l'emphysème et un affaiblissement marqué des mécanismes de défense des poumons à l'infection (Doc. TLV, 1981). La TLV® pour le dioxyde d'azote est de 3 ppm (pondérée en fonction de 8 h), et la STEL, de 5 ppm (TLV, 1983).

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité du nitrate d'ammonium et de divers corps chimiques

Phénomène physique ou corps chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Sources
Phénomène physique														
Chaleur			•			•							La nitrate d'ammonium à l'état pur détone difficilement. S'il est contaminé, il détonera facilement. Lorsqu'il est chauffé jusqu'au degré où il se décompose, il libère des oxydes d'azote	Sax, 1979
Corps chimiques														
Acide acétique		•											Les mélanges concentrés s'enflamment s'ils sont chauffés	
Aluminium (en poudre)			•										Explosif, surtout en présence de matières organiques	Bretherick, 1979
Carbone			•										Peut exploser si chauffé	NFPA, 1978
Charbon et oxydes métalliques		•											S'enflamme de 80 °C à 120 °C	Bretherick, 1979
Chlorure d'ammonium						•	•						Les gaz libérés contiennent du chlore	NFPA, 1978
Cuivre fer (II) sulfure			•										Explose au simple contact	Bretherick, 1979
Cyanoguanadine			•										Le mélange peut détoner	Bretherick, 1979
Hypochlorite de sodium						•							Décompose rapidement l'hypochlorite	NFPA, 1978
Nitrate de potassium		•											Devient incandescent au contact	Bretherick, 1979
Perchlorate de sodium			•										Le mélange est employé comme explosif	NFPA, 1978

Phénomène physique ou corps chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Sources
Permanganate de potassium	•		•			•							Explosion causée par la formation et suivie par la décomposition de permanganate d'ammonium	Bretherick, 1979
Phosphore			•										On peut faire exploser le phosphore blanc (ou jaune) et le nitrate d'ammonium par percussion	NFPA, 1978
Potassium et sulfate d'ammonium			•										Le nitrate d'ammonium contenant le sulfate explose au contact du potassium	Bretherick, 1979
Sodium			•										Forme de l'azotite disodique explosif	Bretherick, 1979; NFPA, 1978
Soufre		•	•										On peut faire exploser le mélange par un choc	Bretherick, 1979
Urée			•										Un mélange les fait exploser – on ne connaît pas la cause de l'explosion	Bretherick, 1979
Zinc (poudre)			•								•		Réagit violemment si mélange intime est mouillé par 2 ou 3 gouttes d'eau. La poudre de zinc catalyse l'explosion en présence d'autres réactifs comme les chlorures	NFPA, 1978
Catégories de corps chimiques														
Chlorures (organiques)					•	•							Peuvent catalyser la décomposition et libérer des gaz toxiques, y compris du chlore	NFPA, 1978; Bretherick, 1979
Chlorures (inorganiques)			•		•						•			Bretherick, 1979
Combustibles organiques			•										Le nitrate d'ammonium détone plus facilement en présence de 2 p. 100 à 4 p. 100 d'une huile combustible	Bretherick, 1979

Phénomène physique ou corps chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Sources
Composés polymérisables	•	•												
Engrais	•												Peut s'enflammer à > 90 °C au contact d'acide libre dans l'engrais	EPA-600/2-80-076 Bretherick, 1979
Hydrocarbures (huiles)		•											Les hydrocarbures (huiles) rendent le mélange détonant	Bretherick, 1979
Matières organiques	•												La présence de matières organiques peut causer une explosion spontanée du nitrate d'ammonium	NFPA, 1978
Métaux (en poudre)	•	•											De fines particules métalliques peuvent catalyser un incendie ou une explosion, surtout en présence de matières organiques. Les réactions les plus connues incluent celles avec le zinc, le cadmium, le magnésium, le cuivre, le plomb, le cobalt, le nickel, le bismuth, le chrome et l'antimoine	NFPA, 1978; Bretherick, 1979
Métaux alcalins		•											Peuvent former des hyponitrites alcalins explosifs	Bretherick, 1979
Oxydants		•				•								EPA-600/2-80-076
Réducteurs										•				EPA-600/2-80-076
Sels métalliques						•							Décomposent	Bretherick, 1979

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les exposés qui suivent sont extraits de diverses publications. Leur formulation originale a été respectée pour éviter toute déformation de sens, et ce faisant, il a été impossible d'empêcher que n'apparaissent d'éventuels désaccords entre les sources. Toutefois, la contradiction de certaines mesures qui s'appliquent à des cas particuliers n'est qu'apparente. La mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Risques d'incendie ou d'explosion. – Le nitrate d'ammonium est un oxydant qui permet d'effectuer une combustion. Il peut détoner s'il est chauffé sous confinement, ce qui facilite une montée rapide de la pression, ou s'il est soumis à des chocs violents comme ceux produits par un explosif. Les matières organiques ou les substances facilement oxydables peuvent le rendre plus susceptible d'exploser. Le nitrate d'ammonium fond à 169 °C et se décompose lentement; à près de 301 °C, sa décomposition accélère, et il devient très explosif; à cette température, il libère soudainement des vapeurs de couleur brun pâle à orange cuivré, qui indiquent la présence d'oxydes d'azote. L'inflammation spontanée des mélanges de nitrate d'ammonium et de matières organiques oxydables ou de fines particules métalliques facilement oxydables peut se produire à des températures peu élevées (NFPA, 1978). Il ne faut jamais mettre sous confinement le nitrate d'ammonium à l'état fondu, parce qu'il peut détoner (CCPA, 1982).

9.1.2 Moyens d'extinction. – Inonder si l'incendie ne fait que commencer. Dans le cas d'un incendie avancé ou d'un très gros incendie où de grandes quantités de nitrate d'ammonium sont en jeu, il est préférable de tenter de protéger les autres marchandises exposées; utiliser des lances ou des canons à eau télécommandés si cela ne présente aucun danger et se retirer en lieu sûr. Si le nitrate d'ammonium est fondu ou en fusion, prendre soin de ne pas l'éparpiller ou de répandre le feu lorsqu'on l'inonde. Rester en amont du vent par rapport au sinistre à cause des vapeurs toxiques d'oxyde d'azote (NFPA, 1978).

Petit feu : Poudre chimique sèche, CO_2, jet d'eau pulvérisé, mousse extinctrice.

Incendie : Au début, inonder seulement. Une fois l'incendie sous contrôle, on peut utiliser d'autres moyens d'extinction.

Ne pas déplacer les marchandises ou le véhicule qui les contient si celles-ci ont été exposées à la chaleur. Employer des jets d'eau pulvérisés pour refroidir les contenants exposés afin d'empêcher qu'ils n'éclatent (ERG, 1980).

9.1.3 Mesures d'intervention en cas de déversements

9.1.3.1 Information générale. – Arrêter ou ralentir la fuite du produit si cela ne présente aucun danger. Éliminer toute source de chaleur. Si le matériau est chaud ou fondu, prendre les mesures qui s'appliquent à un risque d'explosion (GE, 1981).

9.1.3.2 Déversements sur le sol. – Contenir le nitrate d'ammonium à l'aide de barrières mécaniques pour l'empêcher de se répandre. Le ramasser à la pelle et le mettre dans des récipients secs (EPA-670/2-75-042; GE, 1981). Des quantités minimes résiduelles de nitrate d'ammonium, qui est un engrais, ne nuiront pas au sol.

9.1.4 Nettoyage et traitement

9.1.4.1 Déversements sur le sol. – Enlever les grosses quantités de nitrate d'ammonium avec des moyens mécaniques. Les petites quantités de nitrate d'ammonium résiduel engraisseront le sol. Si l'on ne parvient pas à enlever la plus grosse partie du nitrate d'ammonium déversé à l'aide de moyens mécaniques, le disperser ou le diluer avec une grande quantité d'eau. Une quantité excessive de nitrate d'ammonium peut nuire à la végétation.

9.1.4.2 Déversements dans l'eau. – Récupérer tout produit qui n'est pas dissous. S'il a eu le temps de se dissoudre, il existe différentes méthodes d'épuration de l'eau. On peut se servir d'une quantité de charbon actif égale à 10 p. 100 de la quantité de nitrate d'ammonium déversé, pour traiter l'eau contaminée de la région, dont la teneur est égale à ou dépasse 10 mg/l (EPA-670/2-75-042). On a recommandé l'emploi des zéolites et des clinoptilolites naturels pour effectuer sur place une sorption sélective des ions ammonium (OHM-TADS, 1981; DMPIR, 1982). L'Amberlite® IRA 400 pourrait également donner de bons résultats (CG-D-38-76). L'eau dont la teneur en nitrate d'ammonium est trop élevée doit être enlevée ou diluée.

9.1.4.3 Information générale. – Le sol ou l'eau pollués par le nitrate d'ammonium peuvent servir d'engrais sur des terres cultivables. L'eau contaminée qui ne peut servir d'engrais peut être traitée par séparation par gravité des matières solides et ensuite par neutralisation à l'acide hydrochlorique ou sulphurique. On la traite ensuite en la faisant circuler sur un filtre à lit double et sur des résines échangeuses d'ions avant une neutralisation finale avec de l'hydroxyde de sodium (pH de 7). L'eau résiduaire de la filtration est retournée à l'unité de séparation par gravité pour y être traitée (EPA-600/2-77-227).

9.1.5 Élimination. – La plus grande partie des matériaux pollués par le nitrate d'ammonium peut servir d'engrais, à condition qu'ils ne contiennent pas de substances nuisibles pour l'environnement. On ne doit jamais jeter directement du nitrate d'ammonium dans les eaux d'égout ou les eaux de surface. Si on l'incinère, il faut avoir recours à des laveurs pour éliminer le NO_2 et aux procédés d'oxydation ou de réduction pour le NO (GE, 1981).

9.1.6 Appareils et vêtements de protection. – Avant d'entrer dans une zone où on ne connaît ni le produit déversé, ni ses propriétés, il faut revêtir une combinaison entièrement étanche aux produits chimiques et porter un appareil respiratoire autonome.

S'il est certain que le produit déversé est du nitrate d'ammonium, prendre les mesures de protection suivantes:

- Porter un respirateur anti-poussières, des gants en caoutchouc et des lunettes protectrices réfractaires aux produits chimiques pour protéger la peau d'une exposition ou d'un contact (GE, 1981).
- Porter une combinaison protectrice et un appareil respiratoire autonome en cas d'incendie (OHM-TADS, 1981).
- Des matériaux comme le butyle et le Cloropel conviennent le mieux (excellente résistance) pour les combinaisons protectrices réfractaires au nitrate d'ammonium (EE-20).

9.1.7 Précautions spéciales. – Protéger les contenants contre tout dommage physique. Entreposer dans un endroit bien aéré, de préférence à l'épreuve du feu et équipé d'un dispositif d'arrosage automatique. Les drains de plancher et les caniveaux devraient être obstrués ou cimentés pour éviter que le nitrate d'ammonium fondu y soit piégé pendant un incendie. L'isoler

de toute matière organique ou de toute substance susceptible de le contaminer comme les liquides inflammables, les acides, les liquides corrosifs, les produits chimiques organiques, les chlorates, le soufre, les fines particules métalliques, le charbon de bois, le coke, le liège et la sciure de bois (NFPA, 1978).

10 CAS DE DÉVERSEMENT ACCIDENTEL

Les cas habituellement décrits au chapitre 10 sont tirés d'expériences vécues et sont inclus parce qu'ils peuvent aider le lecteur à comprendre les mesures d'intervention prises en cas de déversement accidentel. Seuls les cas qui présentent un intérêt pour le lecteur font l'objet d'un exposé; le nombre de cas traités ne traduit ni l'importance du problème ni la fréquence des déversements réels. Toute nouvelle information pertinente sera incluse dans les rééditions du manuel au fur et à mesure des progrès réalisés dans le domaine des techniques d'intervention.

Il n'existe dans la documentation consultée aucune étude de cas d'un déversement de nitrate d'ammonium en territoire canadien.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DES POLLUANTS

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association (AWWA), de l'American Society for Testing and Materials (ASTM) et de l'American National Standards Institute (ANSI).

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché, et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage de particules de nitrate d'ammonium dans l'air (analyse quantitative)

11.1.1 Chromatographie d'échange d'ions. – La méthode décrite ci-dessous permet de déterminer des teneurs en nitrate de la solution d'extraction de l'ordre de 0,1 ppm à 25,4 ppm, ce qui équivaut, en particules atmosphériques, à environ 28 $\mu g/m^3$ à 7055 $\mu g/m^3$ ou 0,01 ppm à 2,16 ppm.

Un volume connu d'air est aspiré à travers une membrane filtrante en esther cellulosique d'un diamètre de 37 mm et à pores de 0,8 μm de diamètre. L'emploi d'un échantillon de 90 l est recommandé, avec un débit de 1,5 l/mn à 2,0 l/mn. La membrane est ensuite transférée dans un contenant de 60 ml, à l'aide de pinces et soumise à une extraction effectuée par l'addition de 25 ml d'eau distillée qu'on mélange en faisant tournoyer le contenant doucement. Une partie aliquote est alors injectée dans un chromatographe d'échange d'ions. Les aires des pics et les temps de rétention servent à quantifier et à identifier le nitrate, en fonction d'une courbe-étalon. Les conditions typiques de fonctionnement du chromatographe d'échange d'ions sont: un débit de l'éluant de 3,1 ml/mn, une température ambiante constante de la colonne, un éluant standard composé de bicarbonate de sodium 0,003 molaire et de carbonate de sodium neutre 0,0024 molaire, une boucle d'échantillonnage de 100 μl, un détecteur à conductivité réglé à 10 μmho en conditions d'utilisation et une vitesse de déroulement du papier d'enregistrement de 40 cm/h. Il est recommandé d'employer un enregistreur à deux stylos pour pouvoir imprimer tous les résultats de la chromatographie.

11.2 Identification des particules de nitrate d'ammonium dans l'air (analyse qualitative)

L'échantillon est prélevé comme on l'a décrit en 11.1.1, puis 1 ml de la solution échantillon est acidifié dans une éprouvette avec une solution d'acide sulfurique 3 molaire ajoutée au compte-goutte. On verse ensuite goutte à goutte une solution de perchlorate d'argent 0,05 molaire, et on agite l'éprouvette jusqu'à ce que la précipitation soit complète. Puis, on ajoute 3 ml de solution

fraîche de sulfate ferreux 1 molaire, et le mélange est centrifugé s'il y a précipité. La solution surnageante est décantée dans un tube d'essai de 6 pouces refroidi à l'eau. Une quantité suffisante d'acide sulfurique concentré est alors ajoutée lentement le long de la paroi du tube maintenu penché pour qu'il se forme une couche de 1 pouce au fond de l'éprouvette. Un cerne brun indique la présence de nitrate (Welcher, 1955).

11.3 Dosage du nitrate d'ammonium présent dans l'eau (analyse quantitative)

11.3.1 Chromatographie d'échange d'ions. – La méthode décrite ci-dessous (Dionex, 1978) permet de doser des nitrates présents dans l'eau à des teneurs comprises entre 0,1 ppm et 25,4 ppm.

Il faut prélever un échantillon d'au moins 2 l. Si l'échantillon est turbide, il nécessitera une préfiltration avant son injection dans le chromatographe. La gamme des teneurs de l'échantillon peut être élargie en procédant à une dilution. Une partie aliquote est alors injectée dans un chromatographe. Les aires des pics et les temps de rétention servent à quantifier et à identifier le nitrate, en fonction d'une courbe-étalon. Les conditions types de fonctionnement du chromatographe d'échange d'ions sont: un débit de l'éluant de 3,1 ml/mn, une température ambiante constante de la colonne, un éluant standard composé de bicarbonate de sodium 0,003 molaire et de carbonate de sodium neutre 0,0024 molaire, une boucle d'échantillonnage de 100 μl, un détecteur à conductivité réglé à 10 μmho en conditions d'utilisation et une vitesse de déroulement du papier d'enregistrement de 40 cm/h. Il est recommandé d'utiliser l'enregistreur à deux stylos pour pouvoir imprimer tous les résultats de la chromatographie.

11.4 Identification du nitrate d'ammonium présent dans l'eau (analyse qualitative)

L'échantillon est prélevé de la même façon qu'en 11.3.1, puis 1 ml de la solution échantillon est acidifié dans une éprouvette avec une solution d'acide sulfurique 3 molaire ajoutée au compte-goutte. On verse ensuite goutte à goutte du perchlorate d'argent 0,5 molaire, et on agite l'éprouvette jusqu'à ce que la précipitation soit complète. Puis on ajoute 3 ml de solution fraîche de sulfate ferreux 7 molaire, et le mélange est centrifugé s'il y a précipité. La solution surnageante est décantée dans un tube d'essai de 6 pouces refroidi à l'eau. Une quantité suffisante d'acide sulfurique concentré est alors ajoutée et lentement le long de la paroi du tube maintenu penché pour qu'il se forme une couche de 7 pouces au fond de l'éprouvette. Un cerne brun indique la présence de l'ion nitrate (Welcher, 1955).

11.5 Dosage du nitrate d'ammonium dans le sol (analyse quantitative)

11.5.1 Titrage. – La méthode décrite ci-dessous (Hesse, 1971), qui comprend un entraînement à la vapeur d'eau et un titrage, permet de doser le nitrate d'ammonium dans le sol.

Un échantillon de 5 g de particules de 2 mm de sol est agité pendant 1 heure avec 50 ml de solution de chlorure de potassium 2 molaire. Cette dernière est préparée en dissolvant 150 g de chlorure de potassium dans 500 ml d'eau distillée, et en la faisant bouillir avec de l'oxyde de magnésium pour éliminer l'ammoniac. On la refroidit ensuite et on effectue une filtration et une dilution à 50 ml. On transfère alors une partie aliquote de l'extrait dans un ballon à distiller. Une solution d'acide borique est préparée en dissolvant 20 g d'acide borique dans 900 ml d'eau et en ajoutant 20 ml d'indicateur mélangé (obtenu par la dissolution de 0,1 g de vert de

bromocrésol, de 0,07 g de rouge de méthyle dans 100 ml d'éthanol). On ajoute goutte à goutte de l'hydroxyde de sodium 0,1 molaire jusqu'à obtention d'un pourpre rougeâtre. On allonge le mélange à 1 l. Une partie aliquote de 5 ml de solution d'acide borique est transférée dans une fiole Erlenmeyer sous le condenseur attaché au ballon à distiller. On ajoute alors 0,5 g d'oxyde de magnésium à l'extrait de l'échantillon, et on bouche le ballon pour effectuer la distillation à la vapeur d'eau dans la solution d'acide borique. Après cette opération, on enlève 35 ml de distillat. On ajoute 1 ml d'une solution d'acide sulfurique à 2 p. 100, et on agite le mélange. Ensuite, on ajoute 0,2 g d'alliage de Devarda (obtenu par la combinaison de 50 g de cuivre, 45 g d'aluminium et 5 g de zinc) dans le ballon à distiller. Le mélange est entraîné à la vapeur dans 5 ml de solution fraîche d'acide borique. On prélève finalement 30 ml de distillat, et on effectue un titrage avec une solution d'acide hydrochlorique. Le résultat de l'analyse indique le nitrate total dans le sol.

11.6 Identification du nitrate d'ammonium dans le sol (analyse qualitative)

On place dans un tube d'essai 1 ml d'extrait (voir 11.5.1) et on l'acidifie en ajoutant goutte à goutte de l'acide sulfurique 3 molaire. On ajoute ensuite goutte à goutte du perchlorate d'argent 0,5 molaire et on agite jusqu'à ce qu'il y ait précipitation complète.

On ajoute alors une solution fraîche de sulfate ferreux 1 molaire, et le mélange est centrifugé s'il y a précipité. La solution surnageante est décantée dans un tube d'essai de 6 pouces refroidi à l'eau. Une quantité suffisante d'acide sulfurique est alors ajoutée lentement le long de la paroi du tube maintenu penché pour qu'il se forme une couche de 1 po au fond de l'éprouvette. Un cerne brun indique la présence de nitrate (Welcher, 1955).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE (REPRODUITES DE L'ANGLAIS)

12.1 Références

AAR 1981: BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, Virginia. (May, 1981).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

Bailar 1973: Bailar, J.C., Emeléus, H.J., Nyholm, R., Trotman-Dickenson, A.F., Comprehensive Inorganic Chemistry, Pergamon Press, Oxford. (1973).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

CCD 1977: Hawley, G.G., The Condensed Chemical Dictionary, Ninth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1977).

CCPA 1981: The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

CCPA 1982: Canadian Chemical Producers' Association, Ottawa, Ontario, Private Communication. (1982).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

CG-D-38-76: Bauer, W.H., Borton, D.N., et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-38-76. (August, 1975).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Clarke 1975: Clarke, E.G., Clarke, M.L., Veterinary Toxicology, Lea & Febiger Press, Philadelphia, Pennsylvania, p. 29. (1975)

Corpus 1984: Corpus Information Services Ltd., "Ammonium Nitrate", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (1984).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dionex 1978: Application Note 2, Analysis of Nitrate and Sulphate Collected on Air Filters, Dionex Corporation, Sunnyvale, California. (1978).

Doc. TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1981).

Dow PPS 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, Michigan, Brochure 178-102-72. (1972).

DPIMR 1982: "Dangerous Properties of Industrial Materials Report", p. 44. (May-June, 1982).

DPLP 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Pipe and Fittings, Midland, Michigan. (1972).

DPLV 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Valves, Midland, Michigan. (1972).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

* Dupont MSDS 1980: Dupont Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Montreal, Quebec. (June, 1980).

EE-20: Buchan, Lawton, Parent Ltd., A Survey of Self-Contained Breathing Apparatus and Totally-Encapsulated Chemical Protection Suits, Unedited Version. Not dated.

EPA 600/2-77-227: Huibregtse, K.R., et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 600/2-77-227. (November, 1977).

EPA 600/2-80-076: Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. (April, 1980).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J., et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

ERG 1980: U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

FKC 1975: Lowenheim, F.A., Moran, M.K., Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, New York. (1975).

GE 1981: General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (July, 1981).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

GPP: Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

* Disponible en français (*Fiche technique de sécurité*).

* Guidelines/Canadian/Water 1978: Federal-Provincial Working Group on Drinking Water of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 1978, Ministry of National Health and Welfare, Ottawa, Canada. (1978).

Hesse 1972: Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, pp. 200-202. (1972).

HIS 1969: Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th Edition, New York, New York. (1969).

Jorgensen 1979: Jorgensen, S.E. (ed.), Handbook of Environmental Data and Ecological Parameters, International Society for Ecological Modelling, Pergamon Press, Oxford, England. (1979).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Kirk-Othmer 1978: Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 2, John Wiley & Sons Inc., New York, New York. (1978).

Kirk-Othmer 1980: Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 9, John Wiley & Sons Inc., New York, New York. (1980).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

Merck 1983: Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1983).

Meyer 1977: Meyer, R., "Explosives", Verlag Chemie, Weinheim, West Germany. (1977).

MWPP 1978: Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec. (1978).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

NIOSH Guide 1978: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, United States Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, D.C. (1978).

Nowasielski 1971: Nowasielski, O., Knezek, B.O., Ellis, B.G., "Evaluation of Toxicity of Metals, NTA, and EDTA by Aspergillus Niger", presented before Water, Air and Waste Chemistry Division, American Chemical Society, Washington, D.C. (13 September 1971).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

* Disponible en français.

O.I. 1970: Oceanology International. (October, 1970).

PB 271484: Search, W.J., Reznik R.B., Source Assessment: Ammonium Nitrate Production, Monsanto Research Corporation, Dayton, Ohio, for U.S. Environmental Protection Agency. (1977).

PB 81-152928: Ammonium Nitrate Manufacturing Industry-Technical Document, prepared by Radian Corp., Durham, N.C., for U.S. Environmental Protection Agency. (1981).

PC 1982: Personal Communication, Cyanamid Canada Inc., Niagara Falls, Ontario. (4 February 1982).

Perry 1973: Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

QCFW 1976: Quality Criteria for Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. (1976).

Riegel 1974: Kent, J.A., Riegel's Handbook of Industrial Chemistry, Seventh Edition, Van Nostrand Reinhold Co. Inc., New York, New York. (1974).

* RTDCR 1974: Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Ocupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Sax 1979: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1979).

Scott 1979: Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Shreve 1977: Shreve, R.N., Brink, J.A., Chemical Process Industries, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1977).

Stanley 1974: Stanley, R.A., "Toxicity of Heavy Metals and Salts to Eurosian Watermilfoil (Myriophyllum Spicatum L.)", Archives of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 2, No. 4. (1974).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

Strehlow 1981: Strehlow, R.A., "Accidental Explosions", Emergency Planning Digest, Vol. 8, pp. 4-9. (1981).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

* Disponible en français.

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line, Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

TDGC 1980: Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada. (June, 1980).

TLV 1983: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV°s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-84, Cincinnati, Ohio. (1983).

Todd 1970: Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, New York. (1970).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

Ullmann 1975: Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim. (1975).

Vogel 1961: Vogel, A.I., A Textbook of Quantitative Inorganic Analysis Including Elementary Instrumental Analysis, Third Edition, Longman Group Ltd., London, England, p. 255. (1961).

Water Management Goals 1978: Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

Welcher 1955: Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, pp. 461-462. (1955).

WQC 1963: McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

WQC 1971: Water Quality Criteria Data Book - Vol. 3. Effects of Chemicals on Aquatic Life, Battelle Columbus Laboratories, for U.S. Environmental Protection Agency. (1971).

WQCB 1971: Water Quality Criteria Data Book - Vol. 2. Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, Arthur D. Little, Inc., Cambridge, Massachusetts, for Environmental Protection Agency. (1971).

12.2 Bibliographie

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1981).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV°s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-84, Cincinnati, Ohio. (1983).

Ammonium Nitrate Manufacturing Industry-Technical Document, prepared by Radian Corp., Durham, N.C., for U.S. Environmental Protection Agency, PB 81-152928. (1981).

Application Note 2, Analysis of Nitrate and Sulphate Collected on Air Filters, Dionex Corporation, Sunnyvale, California. (1978).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

Bailar, J.C., Emeléus, H.J., Nyholm, R., Trotman-Dickenson, A.F., Comprehensive Inorganic Chemistry, Pergamon Press, Oxford. (1973).

Bauer, W.H., Borton, D.N., et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-38-76. (August, 1975).

BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, Virginia. (May, 1981).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Buchan, Lawton, Parent Ltd., A Survey of Self-Contained Breathing Apparatus and Totally-Encapsulated Chemical Protection Suits, Unedited Version. Not dated.

Canadian Chemical Producers' Association, Ottawa, Ontario, Private Communication. (1982).

The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

Clarke, E.G., Clarke, M.L., Veterinary Toxicology, Lea & Febiger Press, Philadelphia, Pennsylvania, p. 29. (1975)

Corpus Information Services Ltd., "Ammonium Nitrate", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (1984).

"Dangerous Properties of Industrial Material Report", p. 44. (May-June, 1982).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, Michigan, Brochure 178-102-72. (1972).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Pipe and Fittings, Midland, Michigan. (1972).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Valves, Midland, Michigan. (1972).

* Dupont Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Montreal, Quebec. (June, 1980).

* Disponible en français.

* Federal-Provincial Working Group on Drinking Water of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 1978, Ministry of National Health and Welfare, Ottawa, Canada. (1978).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (July, 1981).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol.2, John Wiley & Sons Inc., New York, New York. (1978).

Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol.9, John Wiley & Sons Inc., New York, New York. (1980).

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. (April, 1980).

Hawley, G.G., The Condensed Chemical Dictionary, Ninth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1977).

Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, pp. 200-202. (1972).

Huibregtse, K.R., et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 600/2-77-227. (November, 1977).

Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th Edition, New York, New York. (1969).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Jorgensen, S.E. (ed.)., Handbook of Environmental Data and Ecological Parameters, International Society for Ecological Modelling, Pergamon Press, Oxford, England. (1979).

Kent, J.A., Riegel's Handbook of Industrial Chemistry, Seventh Edition, Van Nostrand Reinhold Co. Inc., New York, New York. (1974).

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

---

* Disponible en français.

Lowenheim, F.A., Moran, M.K., Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, New York. (1975).

McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

Meyer, R., "Explosives", Verlag Chemie, Weinheim, West Germany. (1977).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey Houston, Texas. (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

Nowasielski, O., Knezek, B.O., Ellis, B.G., "Evaluation of Toxicity of Metals, NTA, and EDTA by Aspergillus Niger", presented before Water, Air and Waste Chemistry Division, American Chemical Society, Washington, D.C. (13 September 1971).

Oceanology International. (October, 1970).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

Personal Communication, Cyanamid Canada Inc., Niagara Falls, Ontario. (4 February 1982).

Pilie, R.J., et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

Quality Criteria for Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. (1976).

* Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec. (1978).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1979).

Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

* Disponible en français.

Search, W.J., Reznik, R.B., Source Assessment: Ammonium Nitrate Production, Monsanto Research Corporation, Dayton, Ohio, for U.S. Environmental Protection Agency, PB271984. (1977).

Shreve, R.N., Brink, J.A., Chemical Process Industries, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Compay, New York, New York. (1977).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Stanley, R.A., "Toxicity of Heavy Metals and Salts to Eurosian Watermilfoil (Myriophyllum Spicatum L.)", Archives of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 2, No. 4. (1974).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

Strehlow, R.A., "Accidental Explosions", Emergency Planning Digest, Vol. 8, pp. 4-9. (1981).

Todd, D.K., The Water Encyclopedia, Maple Press, Port Washington, New York. (1970).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line, Available from National Library of Medicine, Washington, D.C. (1981).

Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada. (June, 1980).

Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinhiem. (1975).

Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, D.C. (1978).

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Vogel, A.I., A Textbook of Quantitative Inorganic Analysis Including Elementary Instrumental Analysis, Third Edition, Longman Group Ltd., London, England, p. 255. (1961).

Water Quality Criteria Data Book - Vol. 2. Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, Arthur D. Little, Inc., Cambridge, Massachusetts, for Environmental Protection Agency. (1971).

Water Quality Criteria Data Book - Vol. 3. Effects of Chemicals on Aquatic Life, Battelle Columbus Laboratories, for U.S. Environmental Protection Agency. (1971).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, pp. 461-462. (1955).

Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1983).